

*Segelfliegen*

---



# Segelfliegen

HERAUSGEGEBEN

VON GERD SALZMANN



VERLAG SPORT UND TECHNIK

Herausgegeben vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin

Alle Rechte vorbehalten - Printed in Germany

Kartendruckgenehmigung des Mdl: 4354 - Verlagslizenz: 545/3/58

Satz und Druck: IV-10-5 Mitteldeutsche Druckerei „Freiheit“, Halle

Bucheinband: III-18-138 Leipziger Volkszeitung

Ladenverkaufspreis: 13,80 DM

## INHALTSVERZEICHNIS

Was jeder vom Segelfliegen wissen sollte . . . . .	7
<i>Von Gerd Salzmann</i>	
Segelfliegen in Deutschland – gestern und heute . . . . .	13
<i>Von Karl-Heinz Hardt</i>	
Wie ich Erprobungsflieger wurde . . . . .	31
<i>Von Kurt Götze</i>	
Mein Flug zur „Silber-C“ . . . . .	38
<i>Von Konrad Saß</i>	
Konstruktion und Festigkeit . . . . .	45
<i>Von Dipl.-Ing. H. Loderstaedt</i>	
Segelflugzeugtypen . . . . .	57
<i>Zusammengestellt von Gerd Salzmann</i>	
Motorsegler – Motorgleiter . . . . .	78
<i>Von Prof. Dipl.-Ing. H. Landmann</i>	
Start- und Bodengeräte . . . . .	96
<i>Von Gerd Salzmann</i>	
Bordinstrumente . . . . .	104
<i>Von Erich Spahn</i>	
Ein Blick in die Aerodynamik . . . . .	126
<i>Von Rudolf Krause</i>	
Startarten und ihre Besonderheiten . . . . .	163
<i>Von Gerd Salzmann</i>	
Windenschleppschulung . . . . .	171
<i>Von Hermann Dietze</i>	
Doppelsitzer-Schulung . . . . .	183
<i>Von Wilhelm Lienemann</i>	
Flugzeugschlepp . . . . .	189
<i>Von V. Bäuml (CSR) und J. Kasza (Volksrepublik Ungarn)</i>	
Meteorologische Bedingungen für den Leistungsflug . . . . .	204
<i>Von Dr. Ladislav Haza (CSR)</i>	
Wellenaufwinde . . . . .	227
<i>Von Jiri Förchtgott (CSR)</i>	
Streckenflugpfaxis . . . . .	242
<i>Von Horst Voigt</i>	
Rekordgeschwindigkeitsflüge . . . . .	256
<i>Von J. Popiel (Volksrepublik Polen)</i>	

Instrumenten- und Wolkenflug . . . . .	266
<i>Von V. Slechtova und Dr. L. Hasa (CSR)</i>	
Höhenflüge in Gewitterwolken . . . . .	276
<i>Von A. Zientek (Volksrepublik Polen)</i>	
Dauerflug . . . . .	288
<i>Von Fritz Fliegaut</i>	
Kunstflugschulung . . . . .	296
<i>Von A. Ablamowicz (Volksrepublik Polen)</i>	
Verhalten in besonderen Fällen . . . . .	312
<i>Von Kurt Dewerner</i>	
Flugmedizin für Segelflieger . . . . .	319
<i>Von Dr. J. Hollan (CSR)</i>	
Der Fallschirm als Rettungsgerät . . . . .	329
<i>Von Günter Schmitt</i>	
Kontrolle, Wartung und Pflege von Segelflugzeugen . . . . .	347
<i>Von Hans Höntsch</i>	
Kleines Abc . . . . .	360
<i>Zusammengestellt von Gerd Salzmann</i>	

# Was jeder vom Segelfliegen wissen sollte

Von GERD SALZMANN

Wenn ein Junge unserer Zeit den Begriff „Flugzeug“ hört, dann denkt er wohl sogleich an modernste Maschinen, die mit höchsten Geschwindigkeiten über Länder und Meere jagen. Er denkt an die TU 104 oder an die TU 114, die ihm als die schnellsten und größten Passagierflugzeuge der Welt bekannt sind. Vielleicht denkt er auch an die silbern blitzenden Pfeile der sowjetischen Luftstreitkräfte, die mit Überschallgeschwindigkeit durch den Himmel dröhnen. Wir sind aber nicht sicher, ob er auch an Segelflugzeuge denkt. Vielleicht mag er, während ihm das marktdurchdringende Heulen der Düsenjäger noch in den Ohren klingt, sogar annehmen, daß die Sportfliegerei der Vergangenheit angehört. Wir Segelflieger wissen, daß das nicht so ist. Das Segelfliegen ist noch heute wie vor Jahren ein sportliches Erlebnis. Und auch in Zukunft werden sich junge Menschen für diesen schönen Sport begeistern. Sie werden wissen, daß sie das als Sport betreiben, wovon die Menschen vergangener Jahrhunderte geträumt haben: nämlich zu fliegen und den Vögeln gleich durch den Luftraum zu gleiten. Auch sie werden zuweilen träumen, wenn sie das Aufquellen wattebauschiger Wolkentürme beobachten oder das Spiel der sausenden Winde verfolgen. Die Wunschträume der Segelflieger sind aber keine leere Phantasie, weil sie sich unmittelbar darauf richten, Naturkräfte und Naturgesetze auszunutzen.

Die auftürmenden Wolken verraten uns, welche Flughöhe wir mit unseren schlanken Seglern erreichen können; dem Charakter der Winde entnehmen wir die Möglichkeiten, die sich dem motorlosen Fernflug bieten.

Damit deuten wir bereits an, daß segelfliegerische Leistung kein staunenswerter Zufall ist, sondern daß sie von bestimmten Bedingungen abhängt.

Mit dem guten Willen allein kann man noch nicht fliegen. Also: man muß es erlernen. Was gehört aber noch dazu? Da wollen wir zuerst erwähnen, daß die Leistungen unserer Segelflieger von den Leistungen unserer Konstrukteure und Flugzeugbauer abhängig sind. Auf ihr Wissen und Können sind wir Segelflieger angewiesen, wenn wir Flugzeuge erhalten wollen, welche die aerodynamischen Verhältnisse am besten ausnutzen. Und dann kommt es auf das fliegerische Können des Piloten und auf seine Kenntnisse der Meteorologie an, wie er durch seinen mutigen und entschlossenen Einsatz die Naturkräfte bezwingt. Jeder wird verstehen, daß darin sportliche Leistung und sportliches Erlebnis liegen. Aber nicht jeder wird gemerkt Leistung und sportliches Erlebnis liegen; aber nicht jeder wird bemerkt haben, daß etwas sehr Wichtiges noch nicht genannt wurde: das Kollektiv.

Ohne Kollektiv gibt es keine segelfliegerische Leistung. Kein Pilot kann allein starten, niemand kann allein den Segler auf das Fluggelände schaffen. Auch die Sicherheit und der Mut jedes einzelnen wachsen hier aus dem Vertrauen zum gesamten Kollektiv. Dieses Gemeinschaftsgefühl, die enge Verbundenheit mit der Natur und das Spiel mit ihren Kräften verleihen dem Segelfliegen seinen besonderen Reiz. Welcher junge Mensch empfinde das nicht, wenn er bei Wolken, Wind und Sonne in den Himmel stürmt und tief unter ihm die Landschaft sich ausbreitet! Unsere Jungen sind dabei aber nicht von falscher Romantik erfüllt. Wenn sie über die Erde dahingleiten, erleben sie nicht nur die Schönheit ihrer Heimat und die Schönheit des Sportes; sie sehen auch die trüben Wolken, die sich am politischen Horizont unserer westlichen Heimat gebildet haben. Und sie wissen recht gut, daß sie den Kopf nicht in den Sand stecken dürfen, wenn sie ihren friedlichen Sport auch weiterhin ungestört ausüben wollen.

Wenn wir eben von der Romantik des Segelfliegens sprachen, so dürfen wir dabei nicht vergessen, welche besonderen Charaktereigenschaften durch das Segelfliegen gefördert oder herausgebildet werden. Der Segelflugsport erzieht zu Mut, Ausdauer, Entschlußkraft, Einsatzfreudigkeit, Verantwortungsbewußtsein und Kollektivgeist. Das sind zugleich Eigenschaften, die unsere jungen Menschen befähigen, das Heute zu verändern und einem glückhaften Morgen entgegenzuführen.

Es ist daher nicht verwunderlich, daß der Flugsport in allen jenen Staaten eine großzügige Unterstützung erfährt, wo die Jugend als Baumeister einer sozialistischen Zukunft gilt. Denn um den Sozialismus aufzubauen, um eine neue, gerechte Gesellschaftsordnung zu errichten und sie notfalls auch zu verteidigen, brauchen wir gesunde, willensstarke und charakterfeste Menschen. Das ist freilich nicht die einzige Bestimmung des Segelflugsportes. Er ist daneben ein Quell der Lebensfreude und bietet besonders jungen Menschen gute Möglichkeiten, ihre Freizeit sinnvoll zu verbringen.

Deutschland wird nicht zu Unrecht das Ursprungsland des motorlosen Fluges genannt. Hier fanden sich erstmalig junge Menschen zusammen, die die Ideen Lilienthals aufgriffen, in die Berge der Rhön zogen und im Gleitflug an ihren sanften Hängen diese Ideen Schritt für Schritt verwirklichten. Ideen, die wenige Jahre später über die Grenzen unserer Heimat hinausgetragen wurden und Wiederhall in so vielen Ländern fanden.

Von den Bergen und weiten Hängen ausgehend, wurde der Segelflug unter Anwendung des Auto-, Winden- oder Flugzeugschlepps auch den Menschen in der Ebene erschlossen. Mit Anwendung dieser neuen Startarten

trat der Segelflug einen unvergleichlichen Siegeszug an. Darum ist es wohl nicht falsch, an dieser Stelle allen denjenigen, die durch dieses Buch dem Segelflug zugeführt werden mögen, etwas über die Eigenarten des motorlosen Fluges zu berichten.

Es ist Aufgabe der Anfängerschulung, dem Schüler zu zeigen, daß es kein Problem ist, das Fliegen zu erlernen. Immer wieder wird der Lehrer davon ausgehen, daß jeder gesunde Mensch fliegen kann; daß er sich lediglich auf Grund falscher Vorstellungen und vielleicht auch deshalb, weil es nun einmal nicht so viel Segelflugzeuge wie Paddelboote gibt, nicht ohne weiteres zutraut, eine solche „Himmelsschaukel“ zu besteigen. Der Laie glaubt immer noch, daß mit einem Flugzeug unbedingt etwas passieren müsse. Dieser Auffassung zufolge liegt der Anfänger zunächst ständig auf der Lauer, ob nicht irgend etwas kippt, wackelt oder auseinanderfällt, bis er sich im Verlauf einiger Starts von der völligen Ungefährlichkeit überzeugt hat und den Sitz des Flugzeuges mit der gleichen Ruhe besteigt wie zu anderer Zeit sein Fahrrad.

Um das näher zu erklären und gleichzeitig auch dem absoluten Laien einige der folgenden Beiträge besser verständlich zu machen, wollen wir uns im folgenden mit zwei Fragen auseinandersetzen.

Die erste Frage: Worin liegt das „Geheimnis“ des motorlosen Fluges? Ein Segelflugzeug hat, wie jeder Gegenstand, ein bestimmtes Gewicht; es unterliegt demnach der Erdanziehungskraft. Es müßte sich also, wenn es der Luft übergeben wird, senkrecht dem Erdmittelpunkt nähern. Durch die Form der Tragflächen, ihrem Profil, wird jedoch eine Luftkraft hervorgerufen, die diesem Gewicht entgegenwirkt und als Auftrieb bezeichnet wird. Dieser Auftrieb hat zur Folge, daß der senkrechte Fall in eine leicht abwärts geneigte Bahn umgewandelt wird. Je nach der Güte des verwendeten Profils ist diese Flugbahn stärker oder schwächer geneigt; auf ihr gleitet also das Flugzeug zu Boden und führt damit einen Gleitflug aus. Irgendwann einmal berührt diese Flugbahn, und sollte ihre Neigung noch so gering sein, immer den Boden; allein die Starthöhe kann damit entscheidend für die Länge des Gleitfluges sein. – Wir lesen aber doch oft von Segelflügen über eine Entfernung von mehreren hundert Kilometern oder von Höhengewinnen von mehreren tausend Metern. Wie kommen diese Leistungen zustande?

Auch Segelflug ist Gleitflug, aber in emporströmender Luft. Wir treffen diese aufsteigende Luft, die man als Aufwind bezeichnet, zunächst einmal als Hangaufwind in der Natur an. Die in Bewegung befindliche Luft

schmiegt sich mit ihren unteren Schichten der Erdoberfläche an. Sie strömt demnach an der Vorderseite eines Berges nach oben und an seiner Rückseite hinab. Jedes Hindernis wird von ihr umströmt und überströmt.

Wächst ein Berg plötzlich aus der Ebene heraus, so wird auch der Wind zum steilen Aufstieg gezwungen; bildet nur ein sanfter Hügel das Hindernis, so geht er ohne wesentliche Ablenkung darüber hinweg. Es ist wohl ohne weiteres verständlich, daß bei stärkerem Aufströmen nicht nur die untere Schicht abgelenkt wird, sondern daß auch die darüber liegenden Schichten beeinflußt werden. So wird sich ein ganzer Luftstrom über das Bodenhindernis hinwegsetzen, dabei auch die darüber liegenden Luftschichten in dieser Aufwärtsbewegung erfassen, so daß sich das Aufwindfeld über den höchsten Punkt eines Berges hinaus fortsetzt. Die Größe der Ablenkung und damit auch die Stärke des Aufwindfeldes wird jeweils von der Neigung des Hanges und der Stärke des Windes abhängig sein.

Startet der Segelflieger von der Kuppe eines Berges in das vorgelagerte Aufwindfeld, so führt zwar das Flugzeug gegenüber der umgebenden Luft einen Gleitflug aus. Es kann aber, wenn es sich mit der gleichen Geschwindigkeit dem Erdboden nähert, wie der Wind durch die Bodenerhebung zum Aufströmen gezwungen wird, vom Boden gesehen, seine Höhe beibehalten. Mit anderen Worten: Die Geschwindigkeit der aufsteigenden Luft ist gleich der Sinkgeschwindigkeit des Flugzeuges. Sie kann sogar größer sein. In diesem Falle führt das Flugzeug einen Steigflug aus. Diesen Vorgang wollen wir uns an Hand eines kleinen Beispiels klarmachen, das immer wieder gern für die Erklärung verwendet wird. Stellen wir uns vor, wir würden auf einer Rolltreppe, die aufwärts führt, nach unten laufen. Wenn wir uns dabei mit der gleichen Geschwindigkeit abwärts bewegen, mit der die Treppe nach oben rollt, so werden wir in der gleichen Höhe verbleiben. Ist jedoch unsere Abwärtsbewegung geringer als die Aufwärtsbewegung der Rolltreppen, so werden wir nach oben gelangen bzw. an Höhe gewinnen. Das ist die sehr anschauliche Erklärung für den Segelflug im Hangaufwind.

Um unsere Kenntnisse gleich noch zu erweitern, wollen wir etwas weitergehen. Denken wir daran, daß heute mit Segelflugzeugen Strecken von mehreren hundert Kilometern keine Seltenheit darstellen, so ist schon daraus ersichtlich, daß es noch eine andere Art des Aufwindes geben muß. Das ist der thermische Aufwind.

Die Sonnenstrahlen, die die Erdoberfläche erreichen, erwärmen diese nicht gleichmäßig. Das liegt an der verschiedenartigen Beschaffenheit der Erd-

oberfläche. So können wir feststellen, daß dunkle und vor allem feuchte Teile der Oberfläche, wie Wasser und Wiesen oder Wald, die Sonnenwärme aufnehmen und schnell in sich weiterleiten. Das Gegenteil ist bei trockenen, hellen Flächen der Fall, wie beispielsweise bei Sandflächen, reifen Kornfeldern und bebautem Gelände. Hier wird nur eine verhältnismäßig dünne Schicht ihrer Oberfläche relativ stark erwärmt. Die Folge davon ist, daß auch die unmittelbar über diesen Flächen lagernde Luft erwärmt wird. Diese Lufterwärmung steigert sich proportional der Intensität der Sonneneinstrahlung. Die warme Luft bildet zunächst gegenüber der sie umlagernden kälteren Luftmasse einen Berg, der schnell größer wird und sich unter dem Einfluß der von allen Seiten nachdrängenden kälteren Luft zu einer dem menschlichen Auge nicht sichtbaren Blase entwickelt. Diese warme Luftblase kommt durch irgendeinen äußeren Einfluß, beispielsweise durch einen Windstoß, zur Ablösung und steigt nach oben, wo sie in der Höhe die uns gut bekannte Haufenwolke bildet. Der Segelflieger wird nun, diese Haufenwolke als Wegweiser benutzend, die aufsteigenden Luftblasen mit einem Segelflugzeug aufsuchen und in ihnen kreisend an Höhe gewinnen. Der Vorgang des Höhengewinns ist hierbei der gleiche wie bei unserem Rolltreppenbeispiel.

Die zweite Frage ist nun: Wie wird ein Flugzeug gesteuert?

Die Bewegungen, die mit den einzelnen Steuern gemacht werden müssen, entsprechen im wesentlichen den Reflexbewegungen des Menschen. Sein natürliches Reagieren auf irgendwelche Lageänderungen des Flugzeuges ergeben zwangsläufig den richtigen Ruderausschlag, der dieser Fluglage entgegenwirkt. Neigt sich beispielsweise im Fluge die rechte Tragfläche, was durch eine Bö hervorgerufen sein kann, so ist der Pilot bestrebt, da er sich ja mitneigt, durch Verlagerung seines Körpergewichtes nach links dieser Schräglage entgegenzuwirken. Überträgt er diese Bestrebungen auf den Steuerknüppel, so betätigt er dabei die Querruder in der Weise, daß sie der Rechtsneigung entgegenwirken. Auch bei einer Längsneigung des Flugzeuges ist es ähnlich. Der Mensch ist hierbei bestrebt, seinen Körper zurückzubeugen und bei Übertragung dieses Vorganges auf das Höhenruder ist schon das Richtige getan, um das Flugzeug aufzurichten.

Um die Steuerbewegung richtig zu verstehen, wollen wir einmal die Steuer und Ruder eines Segelflugzeuges näher betrachten. Der junge Flieger nimmt auf dem Sitz Platz. Zwei Schulter- und zwei Bauchgurte halten unseren Piloten. Seine Füße ruhen auf den Pedalen, die die Seitensteuerung ergeben und vor ihm steht, an seinem unteren Ende kardanisches gelagert, der Steuer-

knüppel, der die Quer- und Höhensteuerung bildet. Mit Hilfe dieser Steuerorgane werden die Ruder betätigt, das sind die beweglichen Teile des Höhen- und Seitenleitwerkes und der Tragflächenenden. Bleiben wir zum besseren Verständnis der Wirkungsweise bei unserem ersten Beispiel der Rechtsneigung. Wir wissen bereits, daß der Pilot bestrebt ist, eine Gegenbewegung zu vollführen. An der Körperverslagerung wird er weitgehend durch die Anschnallgurte gehindert. Die entsprechende Bewegung des Steuerknüppels nach links bewirkt durch Seilzüge, daß die am linken Außenflügel angebrachte Querruderklappe nach oben ausgeschlagen wird, während sich das rechte Querruder senkt. Die am Tragflügel entlangstreichende Luftströmung drückt gegen die so ausgeschlagenen Querruder und bewegt dadurch die linke Tragfläche nach unten und die rechte Tragfläche nach oben. Das Flugzeug wird also aufgerichtet. Sinngemäß arbeiten auch die am Heck des Flugzeuges angebrachten Höhen- und Seitenrudder. Damit ist praktisch die dem Laien so kompliziert anmutende Flugzeugsteuerung erklärt.

Sicherlich gibt es für den Unkundigen noch so vieles über die Eigenarten und Besonderheiten des Segelfluges zu sagen. Das kann aber nicht allein Aufgabe der anschließenden Beiträge sein. Vielmehr sollte ihm das Buch helfen, den Weg in die große Fliegerfamilie zu finden.

# Segelfliegen in Deutschland – gestern und heute

Von KARL HEINZ HARDT

Der Wunsch des Menschen, sich wie ein Vogel in die Lüfte zu erheben, ist wahrscheinlich so alt wie der Mensch selbst. Er konnte jedoch erst dann Wirklichkeit werden, als der Mensch das erforderliche Wissen um die Gesetze der Natur besaß und über eine hoch entwickelte Technik verfügte, die heute im Flugzeug ihren Ausdruck findet. Dieses Wissen und die Technik besaßen jedoch die Menschen der vergangenen Jahrhunderte nur im geringen Maße. Deshalb war es ein langer und opferreicher Weg von der Flugsehnsucht zur Wirklichkeit.

Aus vielen uns überlieferten Sagen und Märchen spricht der Wunsch der Menschen, sich in die Lüfte zu erheben, um sich dadurch aus Unterdrückung und Gefangenschaft zu befreien. In diesen Darstellungen zeigt sich jedoch, wie wenig die Menschen jener Zeit über die Luft und ihre Eigenschaften wußten und wie wenig sie sich reale Vorstellungen über die technischen Möglichkeiten, die Luft zu erobern, machen konnten.

Im Laufe der Geschichte wurden in vielen Ländern unzählige Versuche zum Bau von Flugapparaten unternommen. Aber alle Experimente mußten am geringen Entwicklungsstand der Produktivkräfte scheitern.

Die Menschen besaßen noch nicht die notwendigen Erkenntnisse. Weder die wichtigsten Eigenschaften jenes unsichtbaren Mediums Luft, noch die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten der strömenden Luft, also der aerodynamischen Vorgänge, waren bekannt und konnten beim Entwurf und Bau von Flugzeugen zu Hilfe genommen werden. Zum Teil blieb es erst der modernen Wissenschaft vorbehalten, in diese Geheimnisse einzudringen.

Außerdem kannten die Menschen damals noch keine geeigneten Rohstoffe und Fertigungsverfahren, um leicht und fest bauen zu können.

In Deutschland erzielte Otto Lilienthal durch seine aufopferungsvolle Forschungsarbeit die ersten greifbaren Fortschritte beim Bau von Flugapparaten. Die erfolgreiche Erprobung seiner Forschungsergebnisse machte ihn zu einem der hervorragendsten Pioniere in der Geschichte der Luftfahrt. Er vertrat die Auffassung, daß bei der Lösung des Flugproblems das Gleichgewicht halten in der Luft die schwierigste Aufgabe sei und daher mit dem Gleitflug begonnen werden müsse. Über 2000 Flüge, deren weitester 450 m betrug, führte Otto Lilienthal mit seinen selbstgebauten

Flugapparaten aus. In einer Reihe von Niederschriften veröffentlichte er seine Erkenntnisse. Durch sein bedeutendstes Werk: „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ leistete er einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Aerodynamik.

Am 9. August 1896 stürzte Otto Lilienthal über dem Gollenberg bei Rhinow ab. Einen Tag später erlag er seinen Verletzungen. Der tödliche Absturz Lilienthals setzte den für die Luftfahrt so bedeutsamen Forschungsarbeiten in Deutschland vorerst ein jähes Ende.

Als sich um die Jahrhundertwende der Übergang des Kapitalismus in das Stadium des Imperialismus vollzogen hatte, waren die ersten Flieger und ihre Flugapparate so lange nicht beachtet oder sogar der Lächerlichkeit preisgegeben worden, bis sich das Flugzeug als militärisches Gerät für die Eroberungspläne der Imperialisten als brauchbar erwies.

Nachdem geeignete Verbrennungsmotoren entwickelt worden waren, die dem Flugzeug als Antriebsquelle dienen konnten, wurden in Deutschland ab 1909 die ersten Erfolge mit Motorflugzeugen erzielt. Und es zeigte sich recht bald, daß das Flugzeug von nun an mit der Zielsetzung weiter entwickelt wurde, militärischen Zwecken zu dienen. Das war unter den Entwicklungsbedingungen des modernen Kapitalismus auch ganz natürlich und gesetzmäßig.

Da sich die militärische Brauchbarkeit des Flugzeuges aber nur auf Motorflugzeuge erstrecken konnte, hatte der motorlose Flug bis zum Jahre 1911 in Deutschland keine Heimstätte. Er wurde bis dahin lediglich als eine Vorstufe der Entwicklung zum Motorflug betrachtet.

Und als sich Darmstädter Studenten im Jahre 1911 aus sportlichem Interesse wiederum dem motorlosen Flug widmeten und mit ihren Hängegleitern in die Berge der Rhön zogen, mußten sie dort beginnen, wo Lilienthal viele Jahre zuvor seine Pläne nicht weiterführen konnte.

Durch den raschen wirtschaftlichen Aufstieg des deutschen Imperialismus hatten sich indessen die Widersprüche zwischen den einzelnen imperialistischen Staaten immer mehr verschärft. Am aggressivsten waren hierbei die deutschen Imperialisten, die mit besonderem Eifer eine Neuaufteilung der Welt anstrebten. Der Kampf der Monopolherren um größere Profite, der Kampf um Rohstoffquellen und Absatzmärkte führte zum ersten Weltkrieg. Von deutscher Seite wurden unter der Parole „Mit Gott für Kaiser und Vaterland“ die Soldaten in den Tod getrieben und für die Profite der Krupp, Thyssen, Pferdenges und anderer Schlotbarone auf den Schlachtfeldern geopfert. Die Darmstädter Studenten und ihr Lehrer Guterath

wurden von ihrer Ferienherrlichkeit auf der Wasserkuppe und von ihren Hängegleitern hinweggetrieben, – hinein in die Materialschlachten des ersten Weltkrieges!

Gutermuth war dann der erste deutsche Segelflieger, der als Kampfflieger unter fremdem Himmel für Interessen, die nicht im geringsten die seinen waren, sein Leben hingeben mußte. Er starb wie so viele andere hoffnungsfrohe Menschen für die Interessen des deutschen Monopolkapitals.

Nach dem Krieg war durch den Versailler Vertrag der Motorflug in Deutschland für kurze Zeit verboten worden. Die Mehrzahl der ehemaligen Kampfflieger und andere Flugbegeisterte wandten sich deshalb dem motorlosen Fliegen zu. Es bildeten sich Fliegergruppen, die sich in Gleitflugvereinen zusammenschlossen. Ihre führenden Kräfte waren meist ehemalige Weltkriegsflieger; Menschen, die im Geiste des deutschen Militarismus erzogen waren und in der Mehrzahl den militärischen Rang eines Offiziers innehatten. So stand die übergroße Mehrheit der Gleitflugvereine und Fluggruppen unter dem Einfluß der geschlagenen Militaristen und Junker, den Todfeinden des schaffenden Volkes.

Im Verlaufe der Nachkriegsjahre fanden sich Menschen aus allen Schichten des Volkes in den Flugsportvereinen zusammen. Sie alle verband ein gemeinsames Interesse am Fliegen.

Mancher von ihnen war wirklich aus reinem Interesse am Fliegen Mitglied geworden. Andere aber wirkten bewußt dafür, diese zunächst harmlos erscheinenden Flugvereine den arbeiterfeindlichen, revanchelüsternen Zielen der Reaktion dienstbar zu machen. Infolge des Verrats der rechten SPD-Führung an der Novemberrevolution 1918 waren die Besitzverhältnisse der deutschen Monopolisten nicht angetastet worden. So hatte sich an den Machtverhältnissen nichts geändert, und die Wurzeln der imperialistischen Kriegspolitik wurden nicht beseitigt. Der deutsche Generalstab war nach 1918 nicht aufgelöst worden; zwar ging der Kaiser, doch die Generale blieben. Die Waffen verblieben in den Händen der ärgsten Arbeiterfeinde. Mit Unterstützung der Weltreaktion sahen die deutschen Militaristen neben der Niederhaltung der deutschen Arbeiterklasse ihre wichtigste Aufgabe darin, sich mittels der „schwarzen Reichswehr“ wieder eine schlagkräftige Aggressionsarmee zu schaffen.

Viele der Gleitflugvereine und Fluggruppen waren Brutstätten für das illegale Wirken der deutschen Militaristen. Unter dem Tarnmantel der „politischen Neutralität“ bildeten sie den Nachwuchs für eine neue reaktionäre Fliegertruppe heran.

Der 13. September 1921 wird als eigentlicher Geburtstag des Segelfluges bezeichnet. Nachdem sich schon im Jahre 1920, anlässlich des ersten Rhönwettbewerbes, Gleitflieger aus ganz Deutschland auf der Wasserkuppe getroffen hatten und ihnen Gleitflüge bis zu 1830 m Weite und 2 min 22 sec Dauer gelungen waren, gelang dem Flieger Friedrich Harth aus Bamberg am 13. September 1921 der erste Segelflug von 21 min Dauer. Aus primitiven Hängegleitern wurden die ersten brauchbaren Segelflugzeuge entwickelt. Und im August 1922 bewältigten die Hannoveraner Martens und Hentzen die ersten Stundenflüge. Sie segelten mit „Vampir“, einem bereits recht ansehnlichen Segelflugzeugtyp, 1 h 6 min bzw. 2 h 10 min und schließlich sogar 3 h 6 min.

In den anderen Ländern war durch den Motorflug das motorlose Fliegen nicht in dem Maße wie in Deutschland entwickelt worden. Eine Ausnahme bildete der junge Sowjetstaat.

Durch den ersten Weltkrieg, der den Volksmassen ungeheure Not und großes Elend brachte, wurde die Unmenschlichkeit und Schlechtigkeit der untergehenden kapitalistischen Gesellschaftsordnung besonders deutlich. Das russische Volk hatte begriffen, daß es notwendig geworden war, die Macht der Ausbeuter, die Macht der Fabrikanten, Bankiers und Grundbesitzer zu stürzen. Allen voran marschierte die Arbeiterklasse Rußlands, die unter Führung der Kommunistischen Partei die Waffen gegen die eigene Bourgeoisie richtete und im Bündnis mit den werktätigen Bauern die alte Ausbeuterordnung hinwegfegte.

Bereits im Jahre 1919 wurden dort die ersten Segelflugzirkel gebildet. Am 1. November 1923 wurden die ersten Allunionswettkämpfe im Segelflug auf der Krim eröffnet. Diese Wettkämpfe gaben den Anstoß für eine breite Entwicklung des Segelfluges in der Sowjetunion. Bereits bei den Allunionskämpfen 1923 waren Flüge bis zu 1 h 2 min 30 sec gelungen. Am 28. Februar 1924 wurde die erste Segelflugausstellung der UdSSR in Moskau eröffnet. – Im Jahre 1924 nahmen bei den zweiten Allunionswettkämpfen im Segelflug bereits 49 Segelflugzeuge teil. Und im Jahre 1925 gab es in der Sowjetunion schon 250 Segelflugzirkel. Deshalb ist es nicht verwunderlich, daß die ersten Segelflieger, die sich zu einem internationalen Wettkampf trafen, sowjetische und deutsche waren.

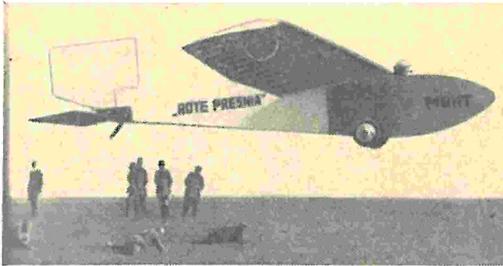
Im Jahre 1925 meldete sich zum ersten internationalen Rhönwettbewerb eine sechsköpfige Mannschaft aus dem jungen Sowjetstaat.

Damit wir uns ein Bild vom Stand der Wettkämpfe machen können, blättern wir einmal in der Startliste des 29. August 1925:

Start-Nr. 211 Flugzeugtyp „Kpir“, Jakobtschuk (UdSSR) 91 min 30 sec  
 Start-Nr. 212 Flugzeugtyp „Consul“, Nehring (Deutschland) 53 min 13 sec  
 Start-Nr. 213 Flugzeugtyp „Moritz“, Martens (Deutschland) 19 min 16 sec  
 Start-Nr. 215 Flugzeugtyp „Feuerschlange“, Sergejew (UdSSR) 33 min 8 sec  
 Start-Nr. 219 Flugzeugtyp „Consul“, Nehring (Deutschland) 48 min  
 Start-Nr. 223 Flugzeugtyp „Feuerschlange“, Jungmeister (UdSSR) 105 min  
 Start-Nr. 225 Flugzeugtyp „Margarete“ (mit Passagier), Hesselbach  
 (Deutschland) 185 min 55 sec

Das waren die Ergebnisse dieses Tages. Sie zeugen von dem beachtlichen Leistungsstand der sowjetischen Gäste. Dementsprechend fiel auch in der Disziplin Dauerflug die Preisverteilung aus:

1. Preis = Hesselbach für seinen 185-min-Flug mit Passagier
2. Preis = Jungmeister (UdSSR) für seinen 105-min-Flug
3. Preis = Jakobtschuk (UdSSR) für seinen 91-min-Flug.



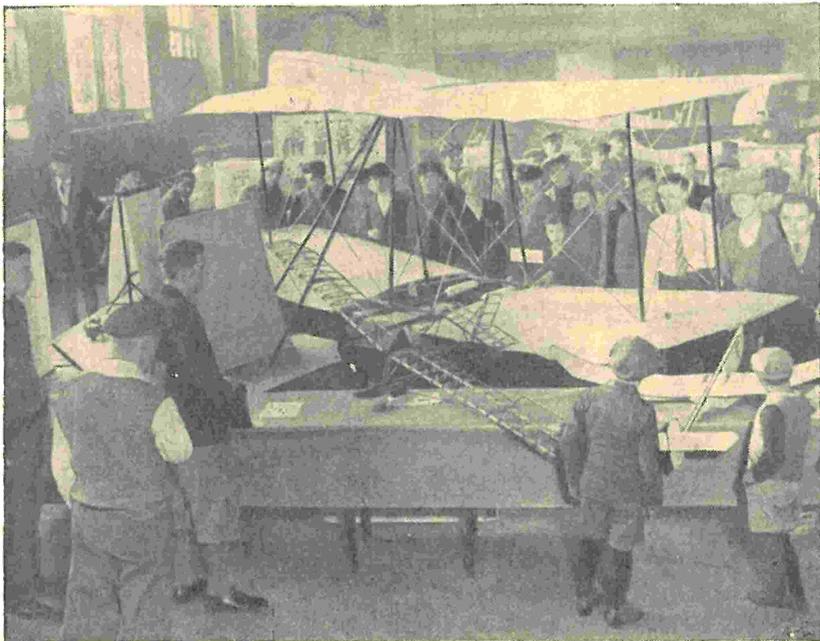
*Abb. 1:  
 Rhönsegelflugwettbewerb 1925.  
 Start des sowjetischen  
 Segelfluges  
 „Rote Presnia“ mit Sernow  
 am Steuer*

Bei diesen Wettbewerben wurden Freundschaften zwischen den sowjetischen und deutschen Fliegern geschlossen. Und im Herbst des gleichen Jahres reisten deutsche Segelflieger zu den III. Allunionsmeisterschaften der UdSSR nach Feodosia auf der Krim. Dort konnten die deutschen Segelflieger drei neue Weltrekorde aufstellen: Ferdinand Schulz im Dauerflug (12 h 7 min), Hesselbach im Dauerflug mit Doppelsitzer (5 h 52 min) und Nehring im Streckenflug (24,4 km).

Ogleich die deutschen Flieger in den einzelnen Disziplinen die jeweils besten Leistungen erzielten, standen ihnen die besten sowjetischen Flieger auch diesmal nicht nach. Die Fachwelt der damaligen Zeit war von den ausgezeichneten Leistungen der sowjetischen Flieger aufs höchste überrascht. Das konnte auch gar nicht anders sein. Seit dem Bestehen der Sowjetunion wurden durch den Propagandaapparat der Weltreaktion alle möglichen Lügen und Schauer geschichten über den ersten sozialistischen

Staat in der Welt verbreitet. Lüge, Demagogie und Verleumdung gehören neben Gewaltanwendung seit jeher zu den Methoden der Reaktion, mit denen sie versucht, ihre dem Untergang geweihte Gesellschaftsordnung vor dem Zerfall zu bewahren.

Nach dem ersten Weltkrieg trieben die reaktionären Kräfte in Deutschland eine Politik, die zwangsläufig zu den Ereignissen der Jahre 1933, 1939 und 1945 führte, weil die deutsche Arbeiterklasse nicht einheitlich und geschlossen handelte und sich große Teile durch falsche Parolen irreführen ließen. Unter dem Einfluß der sozialdemokratischen Führer vermochte ein großer Teil der deutschen Arbeiterklasse nicht, die Vertreter des Monopolkapitals in ihrer ganzen Gefährlichkeit richtig zu erkennen und sich rechtzeitig auf die konsequente Politik der Kommunistischen Partei zu orientieren. Auch die Arbeitersportler marschierten getrennt. Auf dem Gebiete des Segelflugsportes spiegelte sich diese für das deutsche Volk verhängnisvolle Politik ebenfalls wider.



*Abb. 2: Die Flieger der Arbeiterflugsportbewegung erwarben einen Teil ihrer finanziellen Mittel durch Ausstellungen*



*Abb. 3: Unzulängliche Werkstätten stellten oftmals den Selbstbau von Gleitflugzeugen der Arbeiter-Flugsportgruppen in Frage*

Die sozialdemokratischen Arbeitersportler gründeten Segelflugvereine unter dem Namen „Sturmvogel“. In der „Kampfgemeinschaft für Rote Sporteinheit“ wurde eine Sektion Segelflug gebildet. Die Gründung dieser Sektion, die 1930 erfolgte, war mit großen Schwierigkeiten verbunden; denn die privaten und staatlichen Geldzuwendungen waren nur für solche Vereine bestimmt, deren Mitglieder auch bereit waren, für die Machtentfaltung der herrschenden Klasse einzutreten. Die bewußten Arbeitersportler gehörten natürlich nicht zu diesem Kreis und hatten dementsprechend mit

finanzgewaltigen Gönnern nicht zu rechnen. Jeder Pfennig, den diese Arbeitersportler für den Aufbau ihrer Segelfliegerei benötigten, mußte von ihnen selbst aufgebracht werden. Dabei war die Mehrzahl der Arbeiterflieger arbeitslos; also opferten jene, die noch verdienten, ihr Taschengeld; selbst vom Stempelgeld wurde noch mancher Groschen zugelegt. Dabei mußte verständlicherweise häufig sogar auf die Zigarette oder manche andere Annehmlichkeit verzichtet werden. Dazu kam, daß nicht nur für den Bau von Flugzeugen große finanzielle Aufwendungen erforderlich waren, sondern auch dafür, daß Räumlichkeiten und privates Gelände gemietet werden mußten. Der bürgerliche Staat gestattete es den Arbeitersportlern nicht, öffentliche Räume oder Gelände zu benutzen; und es wurden ihnen noch alle möglichen anderen Hindernisse in den Weg gelegt. Oftmals wurden die Flugzeuge in Waschküchen oder in den Wohnungen der Arbeiter gebaut oder abgestellt. Es ist verständlich, daß sich unter diesen Bedingungen die Arbeiter-Segelflugbewegung nur langsam entwickeln konnte. Hinzu kam, daß auch die erforderlichen Fluglehrer, Ausbilder und Fachleute fehlten. In dieser Zeit halfen sowjetische Segelflieger. Sie übernahmen die Ausbildung von Fluglehrern und Flugzeughandwerkern. So reisten 1930 die ersten „Roten Flieger“ in die Sowjetunion.

Das internationale Leistungsniveau im Segelfliegen war indessen beachtlich angestiegen. Eine neue Schleppart erregte Aufsehen: der Flugzeugschlepp. Günter Groenhoff ließ sich von einem Motorflugzeug in die Höhe schleppen. Er flog nach solch einem Schleppstart von München nach Kaaden, ČSR, (272 km) und eroberte mit diesem Flug den Weltrekord. Der Österreicher Robert Kronfeld machte schon seit 1929 von sich reden. Er flog eine Strecke von 164 km mit Höhen bis zu 2 550 m und ließ sich bis zum Ärmelkanal schleppen, den er überquerte. Von 1931 an nützten die Segelflieger bei ihren Streckenflügen vorwiegend die thermischen Aufwinde aus. Die erfolgreichsten Vertreter des Thermik-Fluges waren Groenhoff, Hirth und der Österreicher Kronfeld. Erwähnt seien noch die aufsehenerregenden Gewitterflüge Max Kegels, der 1926 durch einen unfreiwilligen Gewitterflug den Beweis erbrachte, daß der Gewitterfrontenflug eine weitere Ausnutzung der Naturkräfte für den Segelflug ermöglicht.

1933 brach über Deutschland die Nacht des Faschismus herein. Der deutsche Imperialismus suchte den Ausweg aus seiner politischen und wirtschaftlichen Krise. Das geschah wie immer auf Kosten der Volksmassen, die sich unter Führung der KPD in revolutionären Massenaktionen gegen ihre Unterdrücker erhoben hatten. Daher verhalten die Reaktionäre der

ganzen imperialistischen Welt einem Hitler zur Übernahme der politischen Macht. Vom Faschismus erwarteten sie, daß er am ehesten die revolutionäre Bewegung der Arbeiterklasse zerschlagen und schließlich über den Staat der freien Arbeiter und Bauern, über die Sowjetunion, herfallen würde. Die KPD wurde verboten, die „Roten Flieger“ und der „Sturmvogel“ aufgelöst und die besten Arbeitersöhne mit ihren Kampfgenossen in die Konzentrationslager und Gestapokeller geschleift. Und an dieser Stelle muß abermals gesagt werden: Nie wäre das geschehen, wenn die deutsche Arbeiterklasse einheitlich gehandelt hätte. Das ist die blutige Lehre, die die Geschichte dem deutschen Volk erteilt hat.

Im Auftrage der Monopole begann Hitler zu rüsten. In dem geplanten Blitzkrieg verließ er sich hauptsächlich auf die Luftwaffe. Der vom Hitlerstaat unterstützte Segelflugsport gab der faschistischen Luftwaffe Tausende von Piloten. Die Erfolge der deutschen Segelflieger mißbrauchte der Faschismus als Aushängeschild für seine chauvinistische Politik. Die überwiegende Mehrzahl der deutschen Segelflieger begab sich mit auf den Weg, der Deutschland in die Katastrophe des zweiten Weltkrieges führte. So international bekannte Segelflieger wie Wolf Hirth, Hanna Reitsch, Wolfgang Späte, Heini Dittmar, Peter Riedel, Heinz Hoffmann u. a. stellten ihre Leistungen bedenkenlos in den Dienst der Nazipropaganda. Nach der Göring'schen Propagandathese sollte Deutschland eine Nation von Fliegern werden. Alle Voraussetzungen dazu schienen den Nazis gegeben zu sein. Die Gegner waren mundtot gemacht; die Flieger flogen für sie, und ihre Leistungen waren führend in der Welt. Es wurden hervorragende Segelflugzeuge entwickelt, die heute noch von dem Können und den Fähigkeiten der Konstrukteure und Arbeiter Zeugnis ablegen. Die „erfolgreichen“ Segelflieger waren die geeigneten Vorbilder für die heranwachsende Jugend. Als dann die Nazis einen Teil der deutschen Jugend für das Flugwesen gewonnen hatten, war es nicht mehr schwer, genügend begeisterte Piloten für die faschistische Luftwaffe zu finden. Damit diente auch der Segelflug, wie jeder andere Sport im faschistischen Deutschland, der Vorbereitung der Jugend auf den zweiten Weltkrieg.

Die Entwicklung des Segelfluges war in anderen Ländern natürlich nicht stehengeblieben. In Polen, den USA, Jugoslawien, Ungarn, Österreich, in der Schweiz, in England, Frankreich und in anderen Ländern wuchs das Leistungsniveau und die internationale Konkurrenz. Was in der Sowjetunion auf dem Gebiet des Segelfluges vor sich ging, versuchte man den Sportlern in den kapitalistischen Ländern vorzuenthalten.

Die internationale Rekordliste der FAI konnte jedoch nicht totgeschwiegen werden. Dort tauchte hinter den Namen neuer Weltrekorde immer häufiger die Staatsbezeichnung UdSSR auf. Der Streckenweltrekord für Doppelsitzer der deutschen Flieger Beck und Knies (193 km) war gerade in der Rekordliste vermerkt worden, da brachen ihn die sowjetischen Flieger Iltschenko und Emerik (407 km am 27. Mai 1937). Hanna Reitsch sonnte sich noch im Ruhm ihres Streckenweltrekordes (351 km), da kam die Meldung, daß die sowjetische Fliegerin Olga Klepikowa von Moskau nach Ostradoje geflogen war (794 km).

1940 hielten sowjetische Flieger 9 Weltrekorde, deutsche Flieger hatten 7 Weltrekorde inne, Polen hielt 2 Weltrekorde.

Zu dieser Zeit trugen die meisten der deutschen Segelflieger bereits die Uniform der Naziluftwaffe. Tausende von ihnen ereilte darin das gleiche Schicksal, wie es vor ihnen dem Lehrer Gutermuth bereits im ersten Weltkrieg beschieden war. Sie starben in den Luftschlachten des zweiten Weltkrieges unter fremdem Himmel. Sie starben nicht für ihr Vaterland, wie es ihnen eingeredet wurde, sondern sie fielen für die Welteroberungspläne einiger Größenwahnsinniger.

Die geschichtliche Lehre, die alle unsere jungen Segelflieger aus den Anfängen des Segelfluges in Deutschland bis in die Gegenwart für die Zukunft ziehen müssen, verpflichtet, bewußt gegen die Kräfte der Reaktion und für den Sieg des Sozialismus zu kämpfen. Denn nur im Sozialismus ist der Frieden in sicheren Händen, und nur im Frieden kann auch der Segelflug seine Vollendung finden. Wer anders handelt, unterstützt die Kräfte, die das deutsche Volk in diesem Jahrhundert bereits in zwei Weltkriege gestürzt haben und die heute im Westen Deutschlands zu einem dritten Weltkrieg drängen.

Nach der Zerschlagung des Hitlerfaschismus im zweiten Weltkrieg waren in Deutschland günstige Bedingungen vorhanden, um die alten imperialistischen Kräfte, die unser Vaterland von Katastrophe zu Katastrophe geführt hätten, vollständig zu entmachten.

In Ostdeutschland wurden unter Führung der Arbeiterklasse mit Hilfe der sowjetischen Besatzungsorgane die Grundlagen für eine antifaschistisch-demokratische Ordnung geschaffen und als Antwort auf die Gründung des Bonner Separatstaates die Deutsche Demokratische Republik gegründet. Diese grundlegenden gesellschaftlichen Veränderungen, die auf dem Gebiet der DDR seit 1945 vollzogen wurden, waren nur möglich, weil eine marxistische Partei die Arbeiterklasse führte. Nur im Osten Deutschlands

wurden die Lehren aus den beiden Weltkriegen gezogen. Die Einheit der Arbeiterklasse wurde verwirklicht. Der junkerliche Großgrundbesitz wurde aufgeteilt und das Land denen gegeben, die es bearbeiten. Alle großen Industriebetriebe wurden in Volkseigentum überführt. Mit diesen Maßnahmen war die notwendige Grundlage für eine umfassende demokratische Umgestaltung des gesamten gesellschaftlichen Lebens geschaffen worden.

In den Westzonen Deutschlands dagegen verhinderten die westlichen Besatzungsmächte, daß die Hauptschuldigen der beiden Weltkriege entmachtet wurden; sie retteten die Großgrundbesitzer, Bankherren und Rüstungsmagnaten vor dem Zorn des Volkes und verwandelten mit deren Hilfe Westdeutschland in einen Vasallenstaat der USA, dessen Regierung eine fünfzigjährige ausländische Besatzung befürwortet und die Umwandlung Westdeutschlands in eine Atomkriegsbasis vorantreibt. Die Klassen- und Standesunterschiede auf allen Gebieten des gesellschaftlichen Lebens spielen in einem solchen Staat eine bestimmende Rolle. Das spiegelt sich auch im Sport wider. Dort sind verschiedene Sportarten wegen ihrer Kostspieligkeit das Privileg der besitzenden Klassen. Dazu gehört auch das Segelfliegen im westdeutschen „Aero-Club“.

Welchen Kreisen der „Aero-Club“ dient, zeigt sich in folgendem: Der erste Clubpräsident war Wolf Hirth, einer der alten Pioniere des Segelfluges. Er mußte 1954 gehen und dem Großindustriellen Dr. Eitel Friedrich Mann den Platz räumen. Warum? Der Grund ist aus dem Kreise der Intriganten nie laut geworden. Es steht aber fest, daß Hirth mit Segelfliegern aus der DDR korrespondierte und daß er sich für den widerrechtlich verhafteten bekannten Rennfahrer Manfred von Brauchitsch eingesetzt hatte, der für Frieden und Einheit im deutschen Sport wirkte. Hirth mußte gehen. Sein Nachfolger blieb auch nicht lange auf seinem Posten. Er machte den Platz frei für Harald Quandt. Es kann nicht bezweifelt werden, daß dieser Präsident die Interessen seiner Klasse gut vertritt. Nach 1945 wurde er Erbe der Millionen seines leiblichen Vaters, des ehemaligen Wehrwirtschaftsführers Günter Quandt. (In diesem Zusammenhang ist es aufschlußreich, zu wissen, daß Quandts zweiter Vater der Nazi-Propagandaminister Goebbels war.) Harald Quandt ist in Gemeinschaft mit seinem Bruder Herbert Vorstands- bzw. Aufsichtsratsmitglied von 24 Unternehmen, die mit einem Kapital von über 500 Millionen DM ausgestattet sind.

Fragen wir nach den Leistungen der jungen Segelflieger in Westdeutschland, so muß gesagt werden, daß sie zum großen Teil im Schatten einiger Flieger-Aristokraten verkümmern. Die internationalen Leistungen von

Hanna Reitsch, E. G. Haase, Dr. Frowein und anderen und ebenso ihre zehntausende Mark verschluckenden Super-Konstruktionen sind nur eine glänzende Fassade.

Hinter dieser Fassade steht die große Anzahl junger Segelflieger, die mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen haben, weil sie über einen mageren Geldbeutel verfügen und dennoch gern diesen Sport ausüben möchten.

**Die sicherste Segelflug-Schule der Welt,**  
**Segelflugschule Juist**

Erlernung sauberen, richtigen und bewußten Fliegens. — Doppelsteuerschulung auf Leistungsflugzeugen. Allein- und Prüfungsflüge werden auf den gleichen Flugzeugen erfliegen, auf denen die Ausbildung am Doppelsteuer erfolgte.

Lehrgangsziel für Anfänger die „B“-Prüfung,  
 Lehrgangsziel für Fortgeschrittene die „C“ bzw. L 1-Prüfung.  
 Fluglehrerausbildung und Überprüfungen, Flugzeugschlepp

— Lehrgangstermine 1955. —

3. 4.—16. 4.	17. 4.—30. 4.	1. 5.—14. 5.	15. 5.—28. 5.
29. 5.—11. 6.	12. 6.—25. 6.	26. 6.— 9. 7.	10. 7.—23. 7.
24. 7.— 6. 8.	7. 8.—20. 8.	21. 8.— 3. 9.	4. 9.—17. 9.

Lehrgangsgebühr 180,- DM. Unterkunft u. Verpfleg. in der Schule 5,50 pro Tag. Doppelzimmer f. Ehepaare 7,50 pro Tag.

**Meer - Strand - Dünen - Sonne - Wind und das Segelfliegen.**

*Abb. 4: Typische Reklame einer westdeutschen Segelflugschule  
 Allein die Preise zeigen, wer hier segelfliegen kann  
 (Faksimile aus einer westdeutschen Zeitschrift)*

Um die Situation im westdeutschen Segelflugsport und ihren Klassencharakter besser verstehen zu können, sei die Lage in den verschiedenen Clubs einmal kurz umrissen. Der Aero-Club e. V. bildet eine zentrale Leitung bzw. eine Dachorganisation, in der die einzelnen Landesflugverbände sowie die örtlichen Clubs zum Leidwesen des Präsidiums des Aero-Clubs noch verhältnismäßig unabhängig sind.

Da gibt es Clubs, in denen man überhaupt keine Schwierigkeiten kennt, weil die Mehrzahl der Mitglieder finanzkräftige Leute sind. Häufig sind es Unternehmer, die eigene Segelflugzeuge unterhalten. Natürlich werden in solche Clubs gönnerhaft auch minderbemittelte Flieger aufgenommen, die sich allerdings ihre Starts durch Arbeit und Hilfsdienste verdienen müssen.

Daneben gibt es solche Clubs, die sich vorwiegend aus minderbemittelten Fliegern zusammensetzen. Die Mitglieder haben ständig die größten Schwierigkeiten, um ihre Clubs überhaupt am Leben zu erhalten; sie sind kaum lebensfähig, weil die notwendigen finanziellen Mittel fehlen. Daraus ergibt sich auch der hohe Prozentsatz von Flugunfällen, weil die Flugsicherheit in diesen Clubs nur mangelhaft gewährleistet werden kann.

Die Interessenvertreter des deutschen Monopolkapitals und des Militarismus im Aero-Club erachten es jedoch als notwendig, daß eine flugbegeisterte Jugend heranwächst. Deshalb gibt es auch solche Clubs, die von der zentralen Leitung direkt unterstützt werden. Dort werden sogenannte speziell ausgebildete Jugendleiter eingesetzt. Das geschieht natürlich nicht aus Gründen der Wohltätigkeit, sondern in der Absicht, die jungen Menschen dieses Clubs für die Kriegsziele des deutsch-amerikanischen Monopolkapitals zu gewinnen. Neben der Einwirkung auf die Jugendlichen in den Clubs versprechen die Werbeplakate der Bundesluftwaffe den jungen Fliegern „echte Erfüllung fliegerischer Passion“. Was die deutschen Militaristen mit ihrem grenzenlosen Zynismus darunter verstehen, hat der zweite Weltkrieg deutlich genug bewiesen.

In der Deutschen Demokratischen Republik ist das Privileg der Begüterten endgültig gebrochen worden. Auch der Segelflugsport dient hier dem gesellschaftlichen Fortschritt, weil in unserem jungen Staat der Sozialismus aufgebaut wird und weil die Ziele dieses Staates nicht von den Interessen einer profitgierigen Minderheit bestimmt werden.

Hier wird offen ausgesprochen, daß die sportliche Ertüchtigung der Jugend und die Ausbildung in den technischen Sportarten dazu dient, den sozialistischen Aufbau zu beschleunigen und zu beschützen. Wir verhehlen nicht, daß der Sport bei uns eine wichtige politische Funktion hat, indem er unserem sozialistischen Aufbau und dem Frieden dient.

Unter Leitung der Freien Deutschen Jugend wurde in den Jahren 1950 und 1951 mit dem Aufbau von Interessengemeinschaften für Segelflug in unserer Republik begonnen.

Aus der Zeit des Faschismus waren zwei „Baby II a“, drei „SG 38“ und eine Schleppwinde erhalten geblieben. Alle früheren Einrichtungen für den Segelflug waren zerstört, die Flugplätze bebaut worden. Unsere Wirtschaft befand sich zu Beginn des ersten Fünfjahrplanes in einer sehr angespannten Lage, so daß es mit großen Schwierigkeiten verbunden war, dem Segelflugsport die erforderliche materielle Unterstützung zu geben. Vor allem aber war es notwendig, eine neue Fliegergeneration heranzubilden. Diese neuen

Menschen, in erster Linie Arbeiter- und Bauernkinder, mußten von einem neuen Geist durchdrungen sein. Es galt, die chauvinistischen Auffassungen, die der Faschismus in vielen Köpfen hinterlassen hatte, zu bekämpfen. Ausgehend von den bitteren Erfahrungen der Vergangenheit, mußten die Menschen zu Friedensliebe und Völkerfreundschaft erzogen werden. Sie sollten erkennen, welche Kräfte es sind, die den Frieden bedrohen, damit sie sich bewußt für die Interessen der Arbeiterklasse einsetzen. Eine wichtige Voraussetzung aber war, Produktionsstätten für den Bau von Segelfluggeräten zu schaffen. Das wurde dadurch erschwert, daß keine Unterlagen für den Bau dieser Geräte vorhanden waren und nur wenig geschulte Fachkräfte zur Verfügung standen, die über die erforderlichen Erfahrungen verfügten. Aber auch diese Schwierigkeiten wurden überwunden. Ab 1951 wurden in der DDR die ersten Segelflugzeuge, der bewährte „SG 38“ und das „Baby II b“, in Serie gebaut.

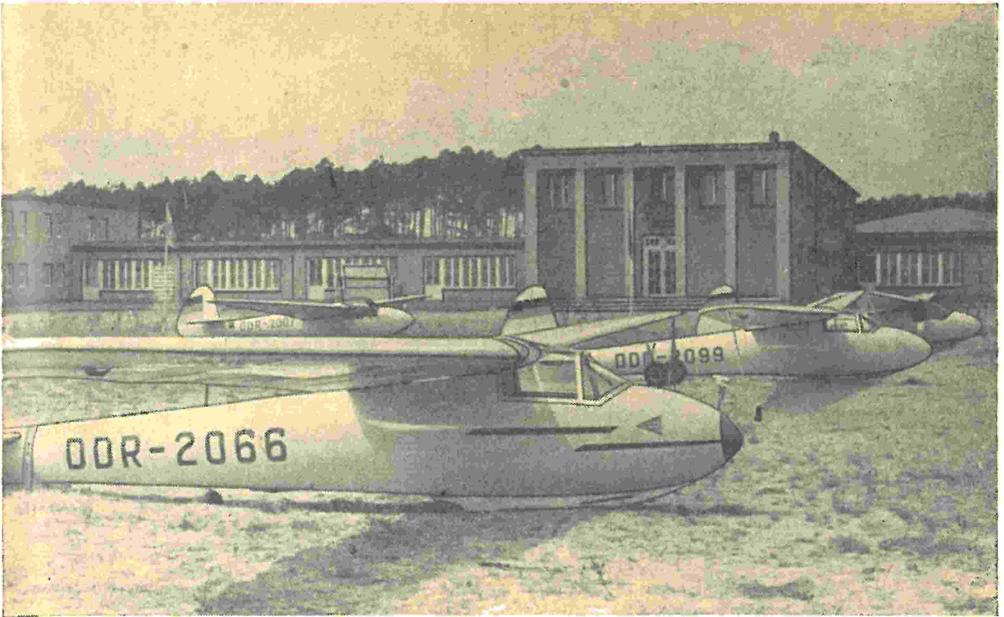
Der Segelflugsport in der DDR entwickelte sich aus den bescheidensten Anfängen. Nur wenig flugbegeisterte Menschen hatten in der ersten Zeit die Möglichkeit, sich dem Segelfliegen zu widmen. In der Hauptsache waren es zunächst solche Kameraden, die als Fluglehrer und Techniker ausgebildet wurden. Diese zielgerichtete Ausbildung schuf die erforderlichen Grundlagen für eine künftige Breitenarbeit.

Am 1. Mai 1952, dem internationalen Kampftag der Arbeiterklasse, traten die Flieger der jungen Segelflugbewegung zum ersten Mal mit Vorführungen in Berlin-Karlshorst und in Leipzig vor die Öffentlichkeit.

Die erste große Flugveranstaltung erlebte Leipzig anlässlich des IV. Parlaments der Freien Deutschen Jugend während der Pfingsttage des Jahres 1952. Wilhelm Pieck, Walter Ulbricht und Otto Grotewohl waren Gäste dieser eindrucksvollen Vorführungen.

Am 7. August 1952 beschloß der Ministerrat der DDR auf Grund der Forderungen der Delegierten des IV. Parlaments der Freien Deutschen Jugend und breiter Kreise der Werktätigen die Gründung der Gesellschaft für Sport und Technik. Damals übernahm die GST von der FDJ etwa 60 Segelflugzeuge, und zwar hauptsächlich Schulgleiter. Seit dieser Zeit arbeitet die GST an der patriotischen Erziehung und körperlichen Ertüchtigung der Jugend zur Erhöhung der Verteidigungsbereitschaft der Republik.

Das Segelfliegen wurde als eine der wichtigen Sportarten auf breiter Grundlage entwickelt. Die Ausbildung erfolgte zuerst auf Lehrgängen in den neu eingerichteten Segelflugschulen Schönhagen, Laucha, Wartin und Ballenstedt. Später wurden in den Bezirken der Republik über 120 Flugstütz-



*Abb. 5: Segelflugzeuge vom Typ „Meise“ der Zentralen Flugsportschule der Gesellschaft für Sport und Technik Schönhagen*

punkte eingerichtet. Jeder gesunde junge Mensch, der Mitglied der GST ist, kann dort an der Ausbildung teilnehmen. Der junge Flieger in der GST bezahlt lediglich einen monatlichen Mitgliedsbeitrag, der sich nach seinem Einkommen richtet. Das betrifft auch die Schulung an den Segelflugschulen der Gesellschaft für Sport und Technik, die für den Schüler nicht mit zusätzlichen Ausgaben verbunden ist. Der Flugschüler erhält sogar während der Lehrgangszeit seinen Lohn vom Betrieb weitergezahlt. Während des ersten Fünfjahrplanes wurde die Segelflugschule Schönhagen zu einer vorbildlichen Ausbildungsstätte ausgebaut. Neben der alten Fliegerschule wurde ein neues Schulgebäude mit den modernsten Einrichtungen wie Werkstatt, Kabinett, Hörsaal und Unterkünften eingerichtet

Von Jahr zu Jahr steigerten sich die Ausbildungsmöglichkeiten und die Leistungen im Segelflugsport der GST. Systematisch erfolgte die Ausbildung des Lehrpersonals und die Erarbeitung der Schulmethodik.

Welche Erfolge dabei erzielt wurden, sollen folgende Zahlen zeigen:

Bereits im Jahre 1953 meldete die Segelflugschule Laucha 31 273 Starts und 1386 Prüfungen, die Segelflugschule Schönhagen 20 435 Starts und 1015 Prüfungen, der Bezirk Leipzig (Wochenendschulung) 15 709 Starts

und 390 Prüfungen, der Bezirk Karl-Marx-Stadt (Wochenendschulung) 12 485 Starts und 263 Prüfungen.

Auf Grund der umfassenden systematischen Ausbildungsarbeit der Gesellschaft für Sport und Technik wurde bald sichtbar, daß das Können der Fluglehrer und die Leistungen der Flieger einen erfreulichen Stand erreicht hatten. Nun wurden Leistungsflugzeuge und Doppelsitzer notwendig. Das Problem, unsere Ausbildungsstätten mit Leistungsflugzeugen auszustatten, wurde mit Importen aus der ČSR und Polen gelöst. Die Typen „Sohaj“, „Jaskolka“, „Pionyr“ und „Bocian“ sind heute auf vielen Plätzen der GST zu finden. Hinzu kamen einige Typen aus unserer volkseigenen Industrie: die „Meise“, der neukonstruierte Doppelsitzer FES-530 „Lehrmeister“ und die „Libelle“.

Als Startgeräte wurden Schleppwinden und neukonstruierte Seilrückholwinden verwandt. Seit der Zulassung des Motorfluges stehen den Bezirksstützpunkten der GST Schleppflugzeuge vom Typ „Trenner“ und „Podwa“ für die Ausbildung zur Verfügung. An dieser Stelle wollen wir erwähnen, daß die in der DDR stationierten sowjetischen Streitkräfte ihre freundschaftliche Verbundenheit zu den Segelfliegern der GST dadurch zum Ausdruck brachten, daß sie ihnen für ihre Ausbildung mehrere „Podwas“ schenkten.

Im Sommer 1954 starteten die GST-Flieger ohne jede Wettkampferfahrung zu ihrem ersten internationalen Vergleich in Polen gegen stärkste Konkurrenz aus der UdSSR, aus Polen, aus der ČSR, aus England und Frankreich. Die GST-Flieger Helmut Schmiedecke, Heinz Fischer und Wilhelm Lienemann waren den erfahrenen Thermikjägern nicht gewachsen; es gelang ihnen jedoch, die bulgarische und englische Mannschaft hinter sich zu lassen (DDR 6696,21 Pkt. – England 4404,87 Pkt.). Wichtige Erfahrungen und einige Gold-C-Bedingungen waren das Resultat dieses ersten internationalen Vergleichs.

Im Jahre 1955 konnten durch enge Zusammenarbeit mit den Segelfliegern befreundeter Länder weitere wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Leitende Funktionäre fuhren zu ihrer weiteren Qualifizierung zur Bruderorganisation in die Volksrepublik Polen. Aus der ČSR kam eine Delegation erfahrener Flieger in die DDR, um den Fluglehrern der GST ihre Erfahrungen zu übermitteln. Das Ergebnis dieser Zusammenarbeit waren neue Ausbildungsprogramme, in denen alle Erfahrungen aus dieser gemeinsamen Arbeit ihren Niederschlag gefunden haben.



*Abb. 6: Die Zentrale Segelflugschule der Gesellschaft für Sport und Technik Laucha*

Seit den ersten Starts zur Ausbildung von Kadern im Jahre 1950 wurde vergleichsweise allein im Jahre 1956 das stolze Ergebnis von 220 000 Starts, 14 000 Flugstunden und 3600 Prüfungen erreicht.

Im Jahre 1957 konnten bereits die ersten 130 Leistungsabzeichen in Silber und eine Gold-C (Wilhelm Lienemann) verliehen werden.

Aus bescheidenen Anfängen entwickelte die GST den Segelflug zu einer Sportart, in der das Verantwortungsbewußtsein und der Ausbildungsstand des Lehrpersonals, die Systematik der Schulung und die damit verbundene Flugsicherheit einen Stand erreicht haben, der im deutschen Segelflug erstmalig ist.

Das Vermächtnis Otto Lilienthals ist in seiner Heimat Wirklichkeit geworden. Vorerst wird nur in einem Teil Deutschlands sein Wirken geehrt: An seiner letzten Wirkungsstätte, am Gollenberg bei Rhinow, treffen sich alljährlich die besten Segelflieger der GST zu einem sportlichen Wettbewerb, der den Namen Otto Lilienthals trägt.

Die Flieger, die Lilienthals Vermächtnis verwirklichen, sind Arbeiter, Angestellte und Angehörige der neuen sozialistischen Intelligenz.

An Flugtagen zeigen die Piloten der GST ihr Können, das bereits heute in verschiedenen Disziplinen internationales Niveau besitzt. So zeigte Horst Voigt zum Kultur- und Sportfest der Luftstreitkräfte 1957 in Cottbus zum ersten Mal in Deutschland Kunstflug im Schlepp hinter einem Motorflugzeug.

Viele Segelflieger aus den Reihen der GST haben das Ehrenkleid unserer Volksarmee angezogen und erfüllen ihre Pflicht als Techniker oder Piloten einer pfeilschnellen MiG. Die Flieger aus dem Volke wirken für das Volk; als Werktätige arbeiten sie für den Sieg des Sozialismus in unserer Republik, und als Soldaten beschützen sie dieses Aufbauwerk.

# Wie ich Erprobungsflieger wurde

Von KURT GÖTZE

Eigentlich begann für mich die Fliegerei, die Atmosphäre, die mich heute täglich umgibt, schon in frühester Kindheit. War das Fliegen zu dieser Zeit auch kein Geheimnis mehr, so erregte doch alles, was sich in der Luft bewegte, mein besonderes Interesse. Schon als Junge hielt ich mich am liebsten am Dresdner Heller-Flughafen auf. Stundenlang bewunderte ich die Start- und Landemanöver der damals noch leichten Sportflugzeuge mit ihren 40- bis 80-PS-Motoren.

Als ständiger Zaungast des Flugplatzes erhielt ich bald das „Privileg“, mich wasserschleppend im Hallengelände zu bewegen. Später durfte ich mit Schwamm und Lappen ganz in die Nähe der Sperrholzvögel kommen, um sie für den nächsten Tag wieder blankzureiben. Wenn ich dann verträumt über ihre Tragflügel strich und an der Luftschraube die Kraft des Motors zu verspüren glaubte, nahm ich mir fest vor, Flieger zu werden. Dieser Wunsch wurde von Jahr zu Jahr stärker, und so überwand ich schließlich alle Hindernisse, die seiner Verwirklichung entgegenstanden.

Nun kann man aber als schulpflichtiger Junge noch nicht fliegen, und so widmete ich mich mit Begeisterung dem Modellflug. Es liegt viel Wahrheit in den Worten: „Der Modellflug ist das Tor zur Luftfahrt.“ Beim Modellbau kann jeder Junge nach Herzenslust basteln. Er eignet sich damit handwerkliche Kenntnisse an, er lernt Zeichnungen lesen, und gleichzeitig lernt er die Gesetzmäßigkeiten der Flugmechanik kennen. Und es ist wohl das schönste Erlebnis für den jungen Modellflieger, wenn er mit seinem neu gebauten Modell aufs Feld gehen kann, um die ersten Flugversuche durchzuführen. Ich bekam jedesmal Herzklopfen, da ich mir immer vorstellte, wie herrlich es sein müßte, selbst dem blauen Himmel zuzustreben und die Welt von oben zu betrachten.

Da ich mit Flugmodellen ständig übte, eignete ich mir schon bald die ersten aerodynamischen Kenntnisse an. Ich erkannte, wie sich die Flugbahn in Abhängigkeit des Einstellwinkels verändert. Mir wurde die Funktion von Hebelarm und Leitwerksgröße klar, und ich lernte erkennen, ob das Flugmodell richtungs-, längs- oder querstabil war. Bald konnte ich selbst Modelle entwerfen und erzielte damit gute Erfolge.

Nachdem ich meine Schulzeit beendet und die Lehre als Mechaniker angetreten hatte, widmete ich mich in meiner Freizeit noch immer fast ausschließ-

lich der Fliegerei. So konnte ich bereits als Siebzehnjähriger den Luftfahrerschein erwerben.

Inzwischen war der zweite Weltkrieg ausgebrochen.

Ich hatte gerade meine Lehrzeit vorfristig beendet, da wurde ich zu einem Sonderlehrgang delegiert, der zur Vorschulung für Lastensegler diente. Unmittelbar nach diesem Lehrgang erfolgte meine Einberufung zur faschistischen Luftwaffe. Ich wußte damals noch nicht, daß die deutsche Jugend erbärmlich betrogen wurde; ich wußte noch nicht, welche Ursachen zu diesem Krieg geführt, welche Betrüger ihn in Wirklichkeit angezettelt hatten. Auch ich folgte dem endlosen Strom der jungen Menschen, die in dem Glauben, ihr Vaterland zu verteidigen, in den Krieg zogen.

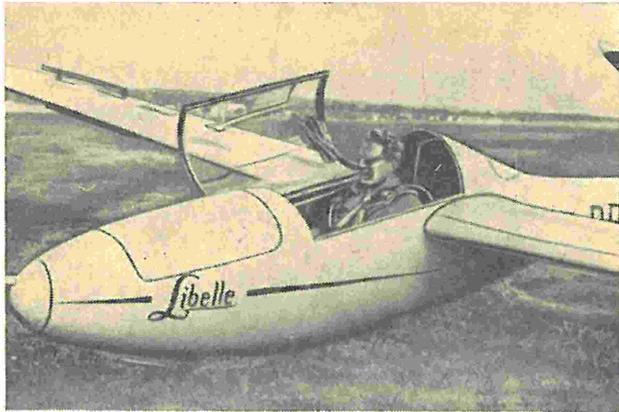
Ohne es zu wissen, kämpfte ich für eine schlechte Sache, bis ich im Januar 1945 den Weg in die Gefangenschaft antrat.

Die sowjetischen Kameraden halfen mir dann zu erkennen, wer die eigentlichen Schuldigen des Krieges waren und welches Unrecht den Menschen in den überfallenen Ländern durch die faschistischen Truppen, nicht zuletzt durch die Flieger, zugefügt worden war.

Mit dem festen Vorsatz, meinen Beitrag zur Wiedergutmachung zu leisten, kehrte ich in die Heimat zurück. Hier wurde unter Führung des fortschrittlichsten Teiles der Bevölkerung, der Arbeiterklasse, ein neues Leben aufgebaut. Auch die deutsche Jugend stand nicht tatenlos abseits, sondern setzte sich zum Ziel, eine Jugendorganisation zu schaffen, in der alle fortschrittlichen Jugendlichen, gleich welcher Konfession, vereinigt wurden. So entstand aus den örtlichen Jugendausschüssen die Freie Deutsche Jugend, an deren Aufbau ich tatkräftig mitwirkte.

Mit der Gründung der Deutschen Demokratischen Republik wurde den Interessengemeinschaften der FDJ größere Bedeutung beigemessen. Nachdem aus allen Teilen der DDR Vorschläge junger Menschen beim Zentralrat der FDJ eingingen, den Modellflug aufzunehmen, wurden Vorbereitungen zum Aufbau dieser jungen Sportart getroffen. So entstand in Dresden die erste Interessengemeinschaft für Flugmodellbau mit 35 Mitgliedern. Einen besonderen Aufschwung bekam der Modellflug durch einen Republikwettbewerb anlässlich des II. Deutschlandtreffens in Saarmund bei Berlin. Unsere Gruppe arbeitete eifrig und trainierte immer wieder auf dem Dresdner Heller. Der Erfolg blieb auch nicht aus: Der Wanderpreis ging nach Sachsen, und ich erhielt den ersten Konstruktionspreis für Kraftflugmodelle. Das Fahrrad, das ich hierfür freudestrahlend in Empfang nahm, verkürzte mir später recht oft die Anmarschzeit zum Flugplatz.

*Abb. 7:  
Kurt Götze vor  
einem Erprobungs-  
flug mit der neuen  
„Libelle“*



Eines Tages ging mein sehnlichster Wunsch in Erfüllung: Der Segelflug wurde als Interessengemeinschaft der FDJ eingeführt. Es wurden sofort die notwendigen Vorbereitungen getroffen, die ersten Lehrgänge durchgeführt und eines Tages war auch ich dabei, als in Trebbin ein Auswahlkursus durchgeführt wurde.

Im Kreise der Kameraden frischten wir alte Kenntnisse auf und eigneten uns neue an. Von früh bis abends wurde „gebüffelt“: Flugmechanik, Aerodynamik, Wetterkunde, Flugzeugkunde, Methodik, Pädagogik. Wir waren zunächst eine recht bunte Gesellschaft. Aber wir waren Kameraden, die mit der schönen und großen Aufgabe betraut waren, dem Segelflug in unserer jungen Republik zum Leben zu verhelfen. Mechaniker, Techniker, Lehrer, Erzieher und Flugzeugbauer ergänzten sich beim Lernen, und durch einen fruchtbaren Austausch der Kenntnisse waren wir bald so weit, zum ersten Flug starten zu können. Vorher mußten wir uns aber noch baupraktische Kenntnisse aneignen. Wir lernten auch den Motor und die Funktion unserer Schleppwinde kennen, um sie später im Flugbetrieb sicher und gewissenhaft bedienen zu können. Unserem kleinen Kollektiv war keine Arbeit zu viel, und bei der gemeinsamen Freizeitgestaltung schlossen wir uns immer fester zusammen.

Dann kam der langersehnte Tag, an dem uns ein Anruf von den Büchern wegriß: Die ersten Schulgleiter waren auf dem Bahnhof eingetroffen. Die Sorgfalt, mit der wir sie abluden, ist mir eigentlich nur vergleichbar mit der Zärtlichkeit, mit der man seine Braut nach langer Trennung vom Bahn-

hof abholt. An diese Stunde werde ich oft erinnert, wenn man in Fliegerkreisen etwas geringschätzig, wenn auch nicht böswillig, den „SG“ als Bauerndrachen, Drahtarhe oder als Abstinenzlerstuhl bezeichnet. Noch heute, obwohl das Fliegen inzwischen<sup>f</sup> mein Beruf wurde, ist für mich ein Hochstart im offenen Schulgleiter immer wieder ein Erlebnis. Das ist ein Flug, bei dem man sich eins fühlt mit Wind und Wolken. Diese Gedanken kamen mir auch, als wir damals nach den vorangegangenen Sprüngen und Flügen unter der bewährten Leitung unseres Flugleiters Karl Liebeskind zum ersten Mal unsere Platzrunden mit den Schulgleitern flogen. Den Schulgleitern folgten die „Babys“, und dann folgten bald die Prüfungsflüge zum Luftfahrerschein.

Nach erfolgreichem Abschluß des Lehrganges in Trebbin bekam ich die schöne Aufgabe, meine Tätigkeit als Flugleiter in Laucha aufzunehmen. Welcher Segelflieger kennt nicht dieses ideale Hanggelände, die grünen Weinberge am Unstruttal? Das ist ein Gelände, das durch seine vielen Ausbildungsmöglichkeiten für Segelflieger wie geschaffen erscheint. Unser Kollektiv steigerte von Tag zu Tag seine fliegerischen Leistungen. Wir bewältigten die ersten Fünfstundenflüge, denen Flüge über 8, 10, 12 und 14 Stunden folgten. Dann kam für mich der ereignisreiche Tag, an dem ich mit Hilfe der Kameraden der Segelflugschule Laucha in ein „Baby“ steigen konnte, mit dem Ziel, einen Dauerflug von 24 Stunden durchzuführen.

Es war Dienstag, der 23. September 1952. – Vom Westen her wehte ein kräftiger Wind in das Unstruttal. Die uns betreuende Wetterwarte Weimar hatte eine günstige Wetterlage mit Windstärken von 10–15 m/s angesagt, so daß ich damit rechnen konnte, bis zum nächsten Abend in der Luft bleiben zu können. Die Vorbereitungen waren schnell getroffen, und es herrschte bereits Dämmerung, als ich mich auf das Flugfeld begab. Mit freudigem Erwarten stieg ich in das Segelflugzeug. Der Start wurde freigegeben. Das Drahtseil spannte sich, und nach einem kurzem Ruck schoß die Maschine in den bereits dunklen Himmel. Das Seil fiel ab. Ein Blick auf die Uhr zeigte mir, daß es gerade 18.30 Uhr war.

Als der kleine Zeiger meiner Uhr am Nachmittag des nächsten Tages wieder die 6 erreichte, kurvte ich vom Hang weg, um einige Minuten später – gerade noch mit genügender Sicht – die Maschine auf den Boden zu setzen. Freudestrahlend stürzten die Kameraden herbei und halfen mir aus der Maschine. 24 Stunden und 4 Minuten hatte ich ununterbrochen am Hang gesegelt und damit die erste Bestzeit für Dauerflüge in der Deutschen

Demokratischen Republik geflogen. Es fiel mir nicht immer leicht, durchzuhalten, aber der Wille, unseren jungen Segelfliegern den Weg für ihre Arbeit zu weisen, ihnen Ansporn zu geben, dieser Leistung nachzueifern, um aus ihnen entschlossene, ausdauernde und mutige Kämpfer zu erziehen, half mir über alle diese Anstrengungen hinweg.

Bald zeigten sich die Erfolge. Am 1. April 1954 stieg der Kamerad Heinz Fischer von Gotha in ein „Baby“, um am Rhönberg im Thüringer Wald die Bestzeit auf 26h 40' zu verbessern. Diese Leistung ist besonders anzuerkennen, da Segelpiste und Höhe des Rhönberges geringer sind als die des Lauchaer Hanges. Schließlich erreichte Fritz Fliegauß in einer „Sohaj II“ einen Dauerflug von 30 Stunden am Lauchaer Hang. Damit war die Epoche der Dauerflüge in unserer Republik abgeschlossen, da diese Disziplin auch im internationalen Maßstab nicht mehr ausgetragen wird.

Mit der weiteren Entwicklung des Segelfluges bekamen wir dann die Möglichkeit, Strecken- und Höhenflüge durchzuführen. Konnten wir erst nur am Hang herumtollen, so hatten wir jetzt die Gelegenheit, weite Strecken unserer schönen deutschen Heimat auf unseren Flügen zu durchmessen.

Inzwischen hatte ich schon viele hundert Starts hinter mir, hatte fast täglich als Fluglehrer meine fachtheoretischen und fliegerischen Kenntnisse erweitert, so daß in mir der Wunsch wach wurde, Berufsflieger zu werden. Gefördert wurde dieser Wunsch, indem ich an vielen Flugveranstaltungen unserer Republik mit Kunstflugvorführungen teilnahm, die mich in meinem Bestreben noch bestärkten. Zum anderen hatte ich Gelegenheit, an der Breitenerprobung des doppelsitzigen Segelflugzeuges „Patriot“ teilzunehmen sowie an der Mustererprobung der FES 530 „Lehrmeister“.

Meinem Wunsch entsprechend, wurde ich vom Zentralvorstand der GST für die neue Aufgabe freigegeben und nahm meine Tätigkeit im VEB Apparatebau Lommatzsch als Erprobungsflieger auf. Damit begann für mich eine neue Epoche. Hatte ich vorher meine ganze Kraft für die Entwicklung des Segelflugsportes zum Massensport und für die Heranbildung junger Kader für unsere Nationalen Luftstreitkräfte eingesetzt, so war es nun meine Aufgabe geworden, dabei mitzuhelfen, der Gesellschaft für Sport und Technik leistungsfähige Flugzeuge zur Verfügung zu stellen. Oft werde ich von jüngeren Kameraden gefragt, welche Aufgaben der Erprobungsflieger zu erfüllen hat und ob das zu erreichende Ziel recht schwer ist oder ob ein guter Segelflieger auch ein guter Versuchsflieger ist. Hierzu möchte ich allen jungen Segelfliegern sagen, daß ein solches Ziel nur der erreichen kann, der ständig an sich arbeitet. Die Aufgaben eines Erprobungsfliegers

sind ganz andere als die eines Leistungsfliegers. Eine Forderung allerdings besteht für beide Piloten gemeinsam: sie müssen ständig ihr fliegerisches Können vervollkommen, um die größtmöglichen Erfolge zu erzielen. Darüber hinaus scheiden sich aber ihre Wege. Der Leistungsflieger versucht durch eifriges Training, seine flugtaktischen Kenntnisse ständig zu erweitern. Er muß in der Lage sein, seine Taktik den jeweils herrschenden meteorologischen und geographischen Verhältnissen richtig anzupassen. Darum sind auch für ihn die außerhalb des Flugzeuges auftretenden Erscheinungen von großer Bedeutung. Er beobachtet aufmerksam die Wolken und das Gelände, um rechtzeitig wieder in ein günstiges Aufwindfeld zu kommen. Und bewegt er sich wieder kreisend aufwärts, dann hat er Zeit und Muße, die Schönheit der Landschaft und alle Naturerscheinungen in vollen Zügen zu genießen. Er erlebt, um es in wenigen Worten auszudrücken, das beglückende Gefühl des Fliegens, das alle begeisterungsfähigen Menschen erfüllt, wenn sie sich von der Erde lösen.

Der Erprobungsflieger dagegen muß sich von alledem frei machen, um sich nicht mit Dingen zu belasten, die ihn von seinen Fluguntersuchungen ablenken könnten. Seine Aufmerksamkeit gilt vor allem der Leistungsfähigkeit der Konstruktion. Er muß prüfen, was im Innern des Flugzeuges während des Fluges vor sich geht. Er ist ein Teil des Flugzeuges, ein Stück Maschine selbst geworden. Und wenn sein Blick doch einmal nach außen schweift, dann auch nur, um zu kontrollieren, ob der Luftraum frei ist; denn es kommt immer wieder einmal vor, daß er seinen Versuch abbrechen muß, um einen Zusammenstoß zu vermeiden. Der Blick nach außen gilt bisweilen auch dem Trag- oder Leitwerk, ob bei starken Belastungen Verformungen auftreten. Seine Aufmerksamkeit gilt dann dem Wechselspiel des Materials. Einmal bläht sich die Bespannung auf wie bei einem prall gefüllten Ballon, hervorgerufen durch den mächtig wirkenden Sog am Tragwerk. Das andere Mal fällt die Bespannung ein, daß man glaubt, auf einem dünnen Klepper zu reiten. Wirft dann die Sperrholzplankung Falten, und knistert es geheimnisvoll in Rippen, Spanten und Gurten, dann liebäugelt der Pilot auch einmal mit der Notauslösung des Kabinendaches, und sein Blick geht weiter zum Auslösegriff des Fallschirmes. Wenn sich das Flugzeug mit atemberaubender Geschwindigkeit im Sturzflug der Erde nähert, dann blickt der Erprobungsflieger auch einmal zum Höhenmesser. Beruhigt sagt er sich dann: Du kannst noch einige hundert Meter weiter stürzen, es reicht noch immer zum Aussteigen, wenn das Flugzeug beim Abfangen Teile von sich schütteln will.

Es ist nicht immer einfach, in der Kabine unbedingt Ruhe zu bewahren und auch dann den Überblick zu behalten, wenn große Beschleunigungen auf den Körper einwirken. Der Erprobungsflieger muß aber trotz aller physischen Reize, denen er ausgesetzt ist, ein ruhiger Beobachter bleiben; auch wenn er durch die Fliehkraft in eine Ecke der Kabine gepreßt wird, wenn er scheinbar schwerelos in den Gurten hängt oder beim fortlaufenden Trudeln sich die Erde rasend schnell um die Rumpfschnauze dreht.

Ein Erprobungsflieger muß stets ein objektiver Beobachter bleiben; seine ganze Aufmerksamkeit ist fast ausschließlich auf die Geräte gerichtet, die in größerer Anzahl an mancherlei Stellen angebracht sind. Neben dem Steuerknüppel sind Stoppuhren und andere Geräte zu bedienen. Ist eine Hand frei, dann sind die Beobachtungen zu notieren.

Der eigenartige Reiz, ein neues Flugzeug auf Herz und Nieren zu prüfen, ist natürlich mit großer Verantwortung verbunden. Von den Erprobungsfliegern hängt es weitgehend ab, ob das neu geschaffene Flugzeug seinen Bestimmungszweck erfüllen wird. Schon bei der Projektierung des Prototyps muß er dem Konstrukteur beratend zur Seite stehen. Er muß Hinweise geben über Sitzlage, Sichtverhältnisse, Anordnung der Steuerung und der Bedienungshebel. Er muß eine feste Verbindung mit den Segelfliegern im ganzen Lande halten, um deren Wünsche und Forderungen zu kennen, denn für sie sind die Flugzeuge vorgesehen. Der technische Fortschritt muß dem internationalen Stand entsprechen. Daneben muß der neue Typ das größtmögliche Maß an Flugsicherheit und guten Flugeigenschaften besitzen und den Verwendungsmerkmalen entsprechen.

Darum muß auch das Urteil des Erprobungsfliegers über den Prototyp offen und ungeschmeichelt, wenn notwendig auch hart sein, selbst wenn es dem Konstrukteur ungerecht erscheinen mag. Es kommt nicht selten vor, daß es durch die kritischen Hinweise des Erprobungsfliegers zu harten Auseinandersetzungen mit dem Entwicklungskollektiv kommt. Das ist eine gesunde Erscheinung und von Vorteil für die Konstruktion.

Die Aufgaben eines Erprobungsfliegers sind also sehr vielfältig, sie reichen von der stillen Rechenarbeit bis zum Einsatz des eigenen Lebens bei gefährlichen Flugzuständen. Darum aber ist sein Beruf so schön. Er weiß sich verbunden mit allen Segelfliegern, denen der von ihm erprobte Flugzeugtyp hilft, neue Erfolge für unsere Heimat zu erringen. Er trägt dazu bei, daß die von unserer volkseigenen Luftfahrtindustrie erzeugten Flugzeuge im In- und Ausland einen guten Ruf genießen.

# Mein Flug zur Silber-C

Von KONRAD SASS

*Konrad Saß ist einer der vielen jungen Flugsportler der Gesellschaft für Sport und Technik. Er gehört, wie viele andere flugbegeisterte Jungen, zu unserem hoffnungsvollen Nachwuchs auf dem Gebiet des Segelflugsportes. Als Konrad im Mai 1955 seine ersten Starts versuchte, war er 16 Jahre alt, und als er zwei Jahre später zu seinem 50-km-Flug für die „Silber-C“ aufsteigt, stehen in seinem Flugbuch schon über 200 Starts.*

„Überlandflug?“ – hatte ich richtig gehört?

„Ja, ihr fliegt heute über Land“, bestätigt der Kamerad Daumann, „das Wetter ist günstig.“ Wir, Fritz Hinze und ich, sind natürlich einverstanden und machen uns sofort an die Arbeit, um diesen Überlandflug vorzubereiten. Die Karten werden hervorgeholt, die Kurse eingezeichnet; der schriftliche Flugauftrag, das Übernahmeprotokoll und das Bordbuch werden in Ordnung gebracht. Dann geht's hinaus an den Start. Der Auftrag lautet: „Versucht, über Parchim den Flugplatz Stölln-Rhinow zu erreichen!“ Es folgen noch einige kurze Instruktionen. 104 km Luftlinie sind also zu überwinden. Ein ganz schönes Stückchen. Vor allem gibt es zwischen Start und Ziel sehr weite Flächen; die Karte bezeichnet sie als Wald, Siedlungen und Ackerkulturen. Jedenfalls ist es ein reichlich unbekanntes Gelände für uns. Ich soll das „Baby“ 1101 fliegen, während Fritz die „Sohaj“ 2007 klarmacht. Ich sehe mir noch einmal kurz die Wetterlage an und klettere mit etwas Herzklopfen in die Kabine. Werden wir immer zur rechten Zeit „Steigen“ erwischen? Wird der Flug gelingen? Wird alles gut gehen? Das sind Fragen, die das Startfieber heraufbeschwört.

„Alles klar?“ fragt Kamerad Daumann. „Alles klar!“ – „Na, dann Hals- und Beinbruch!“ – und schon geht es den weißen Wolken entgegen. Nach einiger Zeit macht es klick-klack, die beiden Seile der Schulterfesselung sind ausgeklinkt, und die Maschine ist vom Windenschleppseil befreit. Nun beginnt das Schwierigste: Das Aufsuchen der Steiggebiete. Ich leite eine 90-Grad-Kurve ein und fliege die nahe Waldkante an. Der Wind bläst aus West, und die Waldkante verläuft nord-südlich, also quer zur Windrichtung. Da muß es etwas zu „kurbeln“ geben.

Kaum bin ich über der Waldkante, als der rechte Flügel plötzlich einen Schlag bekommt, so daß die Maschine stark links hängt. Ich habe mich also nicht geirrt. Ein Laie würde denken, der linke Flügel sei abgebrochen.

Ich freue mich aber sehr, denn es ist die Ankündigung des gesuchten Steiggebietes. Nun zügig Quer- und Seitenruder rechts – und schon beginnt der Vogel mit schönen 45-Grad-Kreisen zu steigen.

Ich habe den Kern eines 5-Meter-Bartes erwischt und befinde mich deshalb zwei Minuten später bereits in 1000 m Höhe.

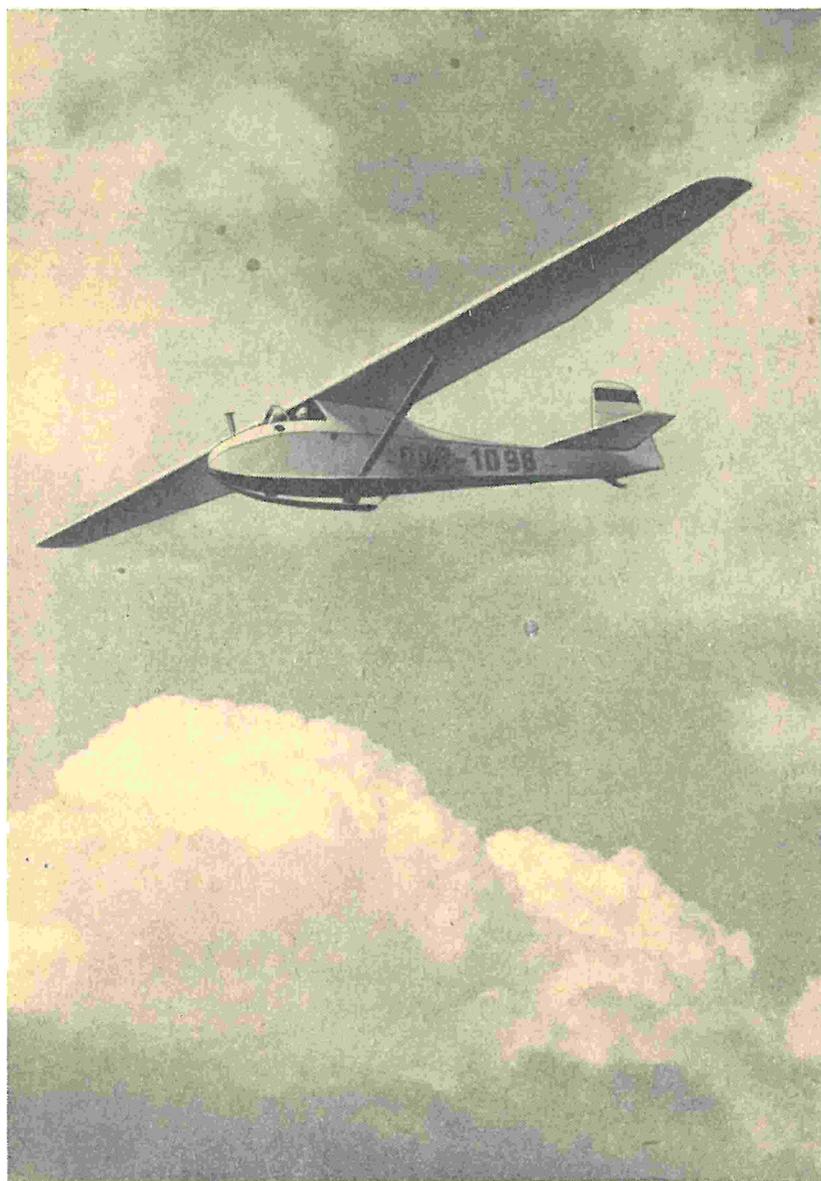
Angestrengt blicke ich auf das Vario: Das Steigen nimmt rapide ab. Also dann: Fahrt aufholen – Kurs aufnehmen und Punkt 9.30 Uhr verlasse ich den Flugplatz Neustadt-Glewe. Mit 80–90 Sachen fliege ich auf eine soeben entstandene Wolke zu. Doch mit des Geschickes Mächten . . . Die Wolke löst sich auf und verschwindet schließlich ganz. Kein Steigen, überall nur Fallen. Der Höhenmesser fällt unablässig. Bei 400 m bricht mir der Schweiß aus allen Poren. Zum Platz zurück – geht nicht mehr, der ist schon zu weit entfernt. Ich suche mir ein Landefeld und denke betrübt: „Hier endet also dein erster Überlandflug.“ Während ich diesen trüben Gedanken nachhänge, habe ich das Gefühl, als ob plötzlich das Sinken geringer würde. Oder habe ich mich getäuscht? Ich kurve vorsichtig ein und stelle fest, daß das Sinken allmählich aufhört. Wenig später zeigt das Variometer  $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$  m/s Steigen. Jetzt heißt es, möglichst sauber zu fliegen, um diese letzte Rettung nicht entwischen zu lassen. Ich kurve und kurve. Vor Anstrengung schmerzen mir fast die Finger, so fest packe ich den Steuerknüppel. Endlich, nach einer Unzahl von Kreisen, habe ich 600 m Höhe erreicht und fühle mich wieder sicherer. Ich verlasse den Bart, um mir über einer hellen Ackerfläche in der Nachbarschaft einen besseren zu suchen. Das Glück ist mir hold, und schon nach kurzer Zeit habe ich die 1000-m-Marke überschritten. Plötzlich verschwindet die Sonne, die so lange meine Kabine geheizt hatte. Nanu? – Unmerklich hat sich über meinem Thermikschlauch eine Wolke gebildet. Es wird feucht und kühl in der Kabine. Der Horizont sinkt tiefer. Ich habe fast die Wolkenbasis erreicht. Weiter darf ich nicht, denn ich habe keine Wolkenflugberechtigung.

Ich richte jetzt meinen Kompaß auf Kurs 45 Grad und fliege unter der Wolke entlang. Jegliches Steigen muß ich wegdrücken, und da zeigt das Vario stellenweise  $\pm 0$  m/s trotz 100 km/h. Zu meiner Freude hat sich parallel zum Kurs eine Wolkenstraße gebildet. Ich fliege also, ohne einmal zu kurbeln, in gleichbleibender Höhe bis südlich von Parchim. Auf dem dortigen Flugplatz liegt das weiße Kreuz des Wendepostens. Kurz davor gibt es äußerst starkes Fallen. Mit kaum 500 m Höhe fliege ich an der Wendemarke den obligatorischen Vollkreis. Dann nichts wie hin zu einem Sandgelände neben dem Flugplatz. Ich rechne mit Steigen, aber weit

gefehlt! Das Sinken wird noch stärker. „Es ist zum Verzweifeln“, zische ich durch die Zähne. Die Baumkronen kommen beträchtlich näher. Wo kann man jetzt Thermik hernehmen? Der Bahnhof! – Ganz plötzlich habe ich ihn jetzt erblickt und fliege unwillkürlich über eine der qualmenden Lokomotiven. Schrilles Pfeifen tönt herauf, und es riecht nach Rauch. Ich habe nur sehr wenig Höhe und muß äußerst vorsichtig fliegen. Vor mir flimmert die Luft. Aha, denke ich: jetzt entscheidet es sich – und kurve ein. Durch die Maschine geht ein Zittern. Die Nase bäumt sich auf – gerettet! Das Steigen wird ab 400 m noch stärker. Na, ich habe nichts dagegen.

Ein dunkler Schatten huscht unvermutet über mich hinweg. Nanu, was ist denn das? Als ich weiter herumkomme, sehe ich, was der Schatten zu bedeuten hat. „Hurra, Fritz mit seiner ‚2007‘ ist da!“ Er fliegt in einiger Entfernung, kommt aber schnell heran. So kurbeln wir beide gemeinsam in die Höhe. Welches Glück liegt in dieser Gemeinsamkeit! Durch das Kabinfenster sehe ich das lachende Gesicht meines Kameraden. Er hebt die Hand zum Gruß, und ich grüße zurück. An der Wolkenbasis angekommen, gehe ich auf Kurs Süd. Fritz dagegen fliegt weiter ostwärts, um ein besseres Aufwindgebiet zu suchen. Werden wir es beide schaffen? Es ist 11.30 Uhr. Noch ist alles ‚drin‘. Allerdings wird jetzt das Navigieren schwieriger. Bisher war das Ziel immer zu sehen, aber nun habe ich nicht einmal einen Anhaltspunkt, auf den ich zufliegen könnte. Ich achte also auf den Kompaß und vergleiche die Karte mit dem Terrain unter mir. Das Dorf dort unten muß Slate sein. Von hier führt eine Straße geradewegs nach Süden in die Ruhner Berge. Ich blicke nach unten, dort sind jedoch mehrere Straßen. Nach einem nochmaligen Blick auf die Karte stelle ich fest, daß es nur die Straße links unten sein kann, über der ich entlangfliegen muß. Da ich genug Höhe habe, sehe ich dem Leben und Treiben auf der Straße unter mir zu. Die winzigen dunklen Punkte sind Fußgänger, die kleinen Kästchen mit den unförmigen Gebilden davor sind gespannte Ackerwagen. Hin und wieder sehe ich auch aneinandergeschaltete graue Kästchen, die von einem grünen gezogen werden. Sie bewegen sich etwas schneller. Das sind Traktoren einer MTS mit ihren Anhängern.

Überhaupt sieht von oben alles recht anders aus. Wie auf einer Landkarte liegt das Land ausgebreitet. Die winzigen roten Kästchen sind Häuser und die schwarzweißen Flecken auf den grünen Wiesenstreifen dort unten sind Kühe auf der Weide. Die Straßen sind hellgraue Streifen, die sich durch das dunkle Grün der Wälder und das hellere Grün der Wiesen und Felder hindurchschlängeln. Die Flüsse und Seen sehen senkrecht von oben schwarz



aus, während sie von weitem silbern blinken. Hier oben ist es fast still; man hört nur das leise Rauschen der Tragflächen. Unten auf der Straße erblicke ich jetzt einen PKW. Ich fliege hinter ihm, wir haben beide die gleiche Richtung. „Den muß ich überholen“, sage ich mir und heize den Kahn an. Das Sinken ist sehr gering. Hin und wieder fliege ich durch Gebiete mit kleinerem Steigen. Der PKW bleibt allmählich zurück, bis er unter mir verschwindet.

Bei den Ruhner Bergen zeigt der Höhenmesser 700 m an. Ich sehe vor mir den Turm, der auf der höchsten Spitze des Berges steht. Jetzt wird es hier oben bockig. Der Zeiger des Variometers reagiert prompt durch Ausschlag nach Plus. Ich kurve ein und zentriere. Ein gleichmäßiges Steigen von 1 m/s zieht mich aufwärts. Es ist 12 Uhr, und bis Stölln-Rhinow sind es noch 75 km. 1300 m zeigt der Höhenmesser. Daß ich diese Höhe bei diesem Flug nicht einmal mehr annähernd erreichen soll, weiß ich jetzt noch nicht. Bisher waren am Himmel kleine Wölkchen zu sehen, jetzt verschwinden sie allmählich und ein strahlend blauer Himmel wölbt sich wenig später über dem Land. Es wird warm in der Kabine, und ich öffne das Fenster. Angenehm kühl umweht die Höhenluft mein Gesicht. Ich fliege jetzt auf meiner Fluglinie nach Süden, ohne jedoch Steiggebiete anzutreffen. Ferne Schornsteine deuten Wittenberge an. Wo ist aber die Elbe? – An einigen Stellen blinkt jetzt am Horizont Wasser auf, das muß sie sein. Ich fliege also weiter auf meinem Kurs und lasse Wittenberge rechts vor mir. Bald muß ich jetzt die Fernverkehrsstraße 5 von Berlin nach Hamburg erreichen, zu der ich dann parallel fliegen muß. Vielleicht liefert sie genügend Aufwind?

Ich nehme mir vor, dieses Ziel so bald wie möglich zu erreichen. Wo ich mich augenblicklich befinde, weiß ich nicht ganz genau, denn Anhaltspunkte sind nicht vorhanden. „Sicherlich sind es noch 15 km bis zur Straße“, sage ich laut vor mich hin. Automatisch blicke ich zum Höhenmesser. 400 Meter! Dann muß ich noch vor der Straße ein Steiggebiet finden, überlege ich. Die 50-km-Marke habe ich wenigstens schon überschritten und damit die zweite Bedingung für die „Silber-C“ geschafft. Dieser Gedanke erleichtert mich.

Trotzdem suche ich jetzt angestrengt nach einer Waldkante, die quer zur Windrichtung verläuft. Endlich sehe ich sie; doch sie liegt noch über 5 km vor mir, und ich habe kaum noch 300 m. Schnell suche ich mir ein Landefeld aus. Ein frisch gepflügter Acker, gleich hinter einem Dorf, erscheint mir geeignet. Mit 200 Meter komme ich über dem Landefeld an. In 150 m

Höhe kurve ich über dem Dorf zur Landung ein. Plötzlich zeigt das Vario 2 m/s Steigen! Landen wäre in diesem Falle Dummheit. Sauber kreise ich weiter, doch das Vario sinkt wieder. Habe ich das Steigen verpaßt, oder habe ich die Maschine beim Einleiten in der Kurve überzogen? Der Vario-Zeiger schwankt zwischen minus und plus 1. Ich zentriere jetzt so, bis er 0 Meter Sinken anzeigt und lege die Maschine steiler. Mit einem viertel Meter geht es aufwärts. Langsam aber sicher entfernt sich die Flächen- spitze von den Schornsteinen des Dorfes.

Auf einmal höre ich Musik!

Heute ist Erster Mai.

Unten auf der Dorfstraße taucht eine dunkle Menschenschlange auf, an deren Spitze die Musikinstrumente in der Sonne blitzen. „Brüder zur Sonne, zur Freiheit . . .“, höre ich jetzt ganz deutlich. Leise summe ich mit.

Gleichsam mit den Tönen steigt auch meine Maschine in die Höhe. In 500 m höre ich mit dem Kreisen auf, um die vorhin gesichtete Waldkante anzufliegen. Das Steigen an ihr bringt mich von 250 m wieder auf 600 m. Jetzt sehe ich vor mir einen Waldstreifen, der sich in der Ferne verliert. Parallel zu ihm und etwa 500 m nördlich der Straße geht es weiter. Das Steigen ist zwar nicht sehr stark, aber ich komme, ohne zu kurbeln, bis Kyritz. Mit 500 Metern überquere ich die Stadt. Hier soll ein Flugplatz sein. Aber trotz eifrigen Suchens ist außer der roten Backsteinkirche mit ihrem grünen Kupferdach nichts Markantes zu entdecken.

Nur gut, denn mit der Landung wird es wiederum nichts. Ich erwische einen Bart und kreise mit  $\frac{1}{2}$  m Steigen. Plötzlich sehe ich neben mir einen „SG“. Wo kommt denn dieses „Drahtverhau“ her? Ich blicke aufmerksam nach unten. Richtig, dort stehen noch mehrere Flugzeuge, und da ist auch ein Landekreuz. Schleunigst mache ich, daß ich von da wegkomme und schleiche mich von hinten an das Landekreuz heran, um zur Landung anzusetzen. Dabei überfliege ich mehrere Strohmieten; ein Ruck, das Vario klettert auf 1 m/s. Ich kurve ein und habe im Nu wieder 500 m unter mir. Es sind noch knapp 20 km bis zum Ziel. Ich richte mich auf und erblicke auch schon den Gülper See in der Nähe von Rhinow. Ich halte das Flugzeug links davon. Bei Neustadt-Dosse überquere ich die Eisenbahnlinie Ludwigslust-Berlin und verlasse kurz darauf die Fernverkehrsstraße 5. Ich fliege jetzt rechts von der Landstraße und der Eisenbahnlinie nach Rhinow. Es ist eine mühselige Angelegenheit. Mit 200 bis 300 m Höhe geht es von Landefeld zu Landefeld, bis mich endlich ein Bart mit 1 m/s auf 600 m befördert. Jetzt ist der Flugplatz von Rhinow mit Sicherheit zu erreichen –

glaube ich. Aber ich kann zu meinem Erstaunen diesen Flugplatz nicht entdecken. (Wie sich später herausstellt, hat das folgende Ursache: Ich fliege ungefähr 4 km westlich der Straße nach Rhinow, der Flugplatz liegt aber östlich dieser Straße hinter dem fast 100 m hohen Gollenberg und ich kann aus 400 m Höhe über diesen nicht hinwegsehen.) Ich suche und suche und will bereits auf einer Wiese landen, da leuchtet plötzlich zwischen zwei Bergen hindurch die Fläche eines Flugzeuges. Die Maschine herumreißen, andrücken, zwischen den Bergen hindurch und darauf los – das ist das Werk von Sekunden. Der „Pionyr“ dort voraus ist aber noch ein schönes Stückchen entfernt. Es wird schwierig sein, ihn zu erreichen. Ich bemühe mich aber, so dicht wie möglich an ihn heranzukommen. Das Gelände ist günstig. Ich achte auf Fahrt. Schnell komme ich dem Flugplatz näher, aber auch meine Höhe nimmt rapide ab. Vor mir tauchen Chausseebäume auf, doch ich komme glücklich darüber hinweg. Nur noch 500 m bis zum „Pionyr“. Davor, ich wage kaum hinzusehen, 300 m Ödland mit gerodeten Stubben und tiefen Löchern.

Jetzt heißt es Nerven und Höhe behalten. Langsam nehme ich die Fahrt zurück. In einem Meter Höhe braust die Maschine über die letzten Stubben. Es ist geschafft! Ich mache aus der Not eine Tugend und lande vorschriftsmäßig am Rande des Flugfeldes. Als meine Maschine steht und die Fläche langsam zur Erde sinkt, atme ich erleichtert auf. Junge, Junge, die letzten Meter haben noch Schweiß gekostet! Aber es war ein großes Erlebnis.

Es ist 13.30 Uhr. – Zufrieden lächelnd begrüße ich die herbeieilenden Kameraden.

# Konstruktion und Festigkeit

Von Dipl.-Ing. H. LODERSTAEDT

Die Begriffe „Konstruktion und Festigkeit“ lassen sich im Segelflugzeugbau, genau wie in allen anderen technischen Industriezweigen, nicht voneinander trennen. Man muß heute von einem Konstrukteur hervorragende statische Kenntnisse und von einem Statiker gutes Konstruktionsgefühl verlangen können, denn ohne diese beiden Bedingungen ist eine erfolgreiche Arbeit im Segelflugzeugbau, dem immer nur bescheidene finanzielle Mittel gegenüber dem Motorflugzeugbau zur Verfügung stehen, nicht möglich. – Der Konstrukteur hat die Aufgabe, einen Entwurf so zu gestalten, daß es dem Statiker gelingt, rechnerisch die Festigkeit nachzuweisen, ohne daß zu große Näherungslösungen die Aussage der Rechnung beeinträchtigen.

Grundlage für die Berechnung eines Segelflugzeuges sind die sogenannten Lastannahmen, die noch aus der Vorkriegszeit stammen. Sie sind daher dringend überholungsbedürftig. Die einzelnen Herstellerwerke helfen sich, indem sie selbst Zusatzlastannahmen aufstellen, um die Sicherheit des Flugzeuges zu gewährleisten.

Aus den erwähnten Lastannahmen werden die Beanspruchungen der einzelnen Teile des Flugzeuges bestimmt. Oftmals wird diese Arbeit in den aerodynamischen Abteilungen geleistet. Wir fordern aber in der DDR, daß auch der Statiker in der Lage sein muß, diese Arbeit zu übernehmen. Ebenfalls muß der Konstrukteur über die einzelnen aerodynamischen Beanspruchungen bestens Bescheid wissen. Als Grundbeanspruchungen treten auf: Druck oder Zug, eventuell in Verbindung mit Knickung, Biegung, Schub und Torsion. Außerdem noch die für das Flugzeug, wie auch meistens für den Statiker, unangenehmen Beanspruchungen Stoß und Schlag.

Nachdem also bei einem Entwurf eines Segelflugzeuges die äußeren Kräfte und Beanspruchungen ermittelt worden sind, muß der Konstrukteur eine Konstruktion schaffen, die sinnvoll diese Kräfte aufnehmen und weiterleiten kann, denn das Flugzeug bildet für sich ein Gleichgewichtssystem, das durch Gewicht, Auftrieb, Beschleunigungskräfte usw. gebildet wird. Der Statiker muß dagegen beweisen, daß diese Konstruktion unter der ermittelten Beanspruchung erst bei Erreichen einer zusätzlichen Sicherheit, bei der Sicherheitszahl  $j$ , zu Bruch geht. Diese Sicherheitszahl  $j$  hat im allgemeinen den Wert 2, d. h. ein Bruch darf erst eintreten, wenn man die höchste, physikalisch überhaupt denkbare Belastung noch verdoppelt. Es gilt  $P_{Br} = 2 P_S$ . Für Bauteile von untergeordneter Bedeutung ist die

Sicherheitszahl aus Gründen der Gewichtsersparnis etwas kleiner, sie muß aber immer größer als 1 sein! Hier stehen sich im Flugzeugbau zwei gegensätzliche Forderungen gegenüber. Auf der einen Seite die Sicherheit, auf der anderen das Gewicht, das so klein wie nur möglich gehalten werden muß, denn Gewicht kostet Geld.

Welche Hilfsmittel hat nun ein Konstrukteur, um die einzelnen Beanspruchungsarten aufzunehmen, so, daß das Flugzeug ein Minimum an Gewicht aufweist?

### Zug

Jeder einfache Stab kann Zug übertragen. Anders ist es bei Druck. Hier liegt der Fall zunächst genauso wie beim Zug, nur kann zusätzlich Knicken auftreten. Durch geeignete Querschnittsformen kann man die Knickfestigkeit steigern, z. B. an Stelle eines Vollquerschnitts einen Rohr- oder Kastenquerschnitt verwenden. Der Statiker sagt, das Trägheitsmoment  $J$  muß vergrößert werden. Dies ist häufig bei Abstützstreben nötig, da diese sehr stark auf Druck bzw. Knicken beansprucht werden können (negative Flugfälle). Die Knickspannung soll über der Druckspannung und damit über der zulässigen Spannung liegen (Abb. 8).

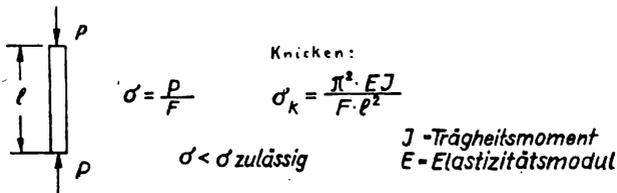


Abb. 8

### Biegung

Wie überall wird auch im Segelflugzeugbau die Biegung durch einen sogenannten Balken aufgenommen, allerdings haben diese bei uns besondere Querschnittsformen; z. B. Ausbildung als Doppel-T-Profil; U-Profil oder als Kastenprofil (Abb. 9).

Das Biegemoment wird hierbei in ein Kräftepaar zerlegt, wobei die Gurte der Profile auf Zug oder Druck beansprucht werden. Hier besteht meistens keine große Knickgefahr, da diese Balken oder Biegeträger nicht allein, sondern im Zusammenhang mit Rippen, Spanten oder Beplankung vorkommen, die ein Ausknicken behindern.

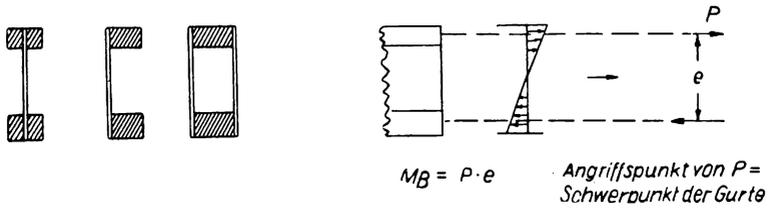


Abb. 9

### Schub

In dem gezeigten Beispiel ergibt die Kraft außer den Gurtkräften noch eine Schub- oder Scherbeanspruchung im Steg. Im Flugzeugbau hat diese Schubspannung, im Gegensatz zu anderen Industrien große Bedeutung. Als Schubfluß wird das Produkt aus Schubspannung und Blechstärke definiert.  $t = \tau \cdot s$ . Schubspannungen können durch Querkräfte oder Torsionsmomente hervorgerufen werden (Abb. 10 und 11).

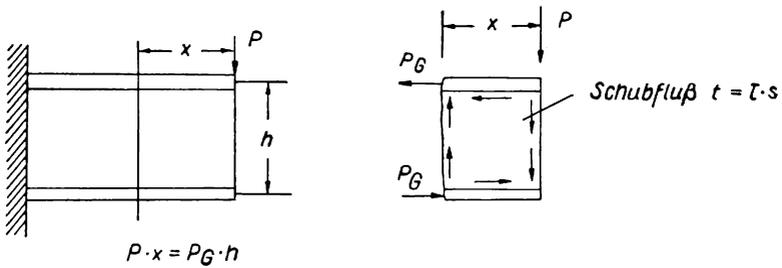


Abb. 10

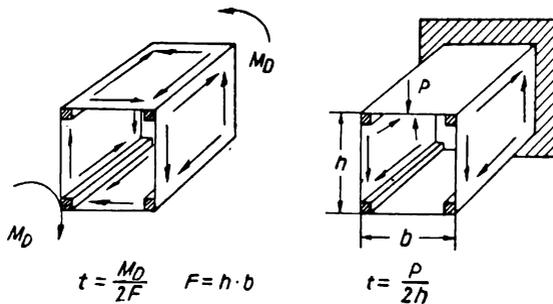


Abb. 11

## Torsion

Die tragenden Elemente, die ein Verdrehmoment aufnehmen, bezeichnet man als Torsionsröhre. Diese kommen im Segelflugzeugbau in recht mannigfacher Form vor. Die einfachste Torsionsröhre ist ein Rohr- oder ein vieleckiger Kastenquerschnitt. Die Beplankung wird durch Torsionsschubfluß beansprucht (Abb. 12).

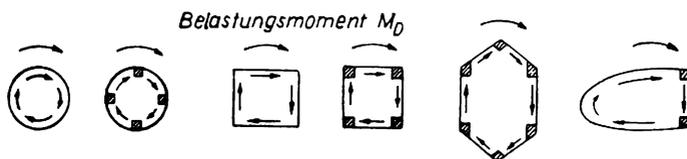


Abb. 12

Fügt man einem solchen Querschnitt noch weitere hinzu, so entstehen Träger, die als Torsionsröhren mit ein- oder mehreren Stegen bezeichnet werden.

Außerdem kann man noch Verdrehmomente durch auskrenzende Diagonalen übertragen (s. SG 38). Die Kräfte in den Diagonalen kann man aufspalten und erhält dann ein Biege- und Drehmoment.

## Stoß und Schlag

Hier kommen als Aufnahmekörper Federn, Gummielemente und Dämpfer in Betracht. Hauptaufgabe ist es, die durch Stoß oder Schlag entstehende Arbeit zu vernichten. Dies tun die Dämpfungs-, nicht die Federungselemente. Bekanntlich befinden sich als Arbeitsaufnahmelemente Bügel an den Bauchgurten des Schulgleiters SG 38, um die Stoßenergie zu lindern. Bei einem Sturz reißt dort die Sollbruchstelle und ein Teil der Stoßarbeit wird zum Aufbiegen des Bügels verbraucht.

Gegen Stoß und Schlag von fremder Hand am Boden ist der beste Konstrukteur jedoch machtlos, deshalb sollte jeder Flieger sein Fluggerät schonend behandeln, denn erfahrungsgemäß entstehen die meisten Schäden am Boden.

Die angeführten 5 Belastungsarten treten selten isoliert auf (bis auf Pkt. 5). Für die einzelnen möglichen Überlagerungen hat der Statiker besondere Bezeichnungen wie Drillknicken, Knickbiegung, Biegetorsion usw., deren Einzelheiten uns hier nicht näher interessieren. Ein Fall sei noch erwähnt: Eine besondere Biegetorsion des Tragwerkes, die keine statische, ruhende

Belastung als Ursache hat, sondern die durch eine sogenannte angefachte Verdrehung, kurz „Flattern“ genannt, entsteht. Dieses Flattern ist besonders unangenehm, da es nicht gedämpft wird, sondern im Gegenteil von den Luftlasten, die auf den Flügeln wirken, angefacht wird, bis ein Bruch eintritt. Der Tragflügel schwingt nach oben. Dabei verdreht er sich so, daß sein Anstellwinkel vergrößert wird und somit den Auftrieb erhöht. Beim Abschwingen tritt der entgegengesetzte Fall auf. Die Schwingung wird angefacht (Abb. 13).

Tritt dies im Fluge auf, so hilft nur eins: Sofort in einem anderen Geschwindigkeitsbereich fliegen, da Flattern bei den sogenannten kritischen Geschwindigkeiten auftritt. Eine langjährige, große Erfahrung gehört dazu, um bei einem Neuentwurf diesen kritischen Zustand zu vermeiden. Der Konstrukteur kann sich durch verschiedene Konstruktionsregeln helfen. Genaue Antwort über die Flattereigenschaften eines Flugzeuges ergibt aber erst eine sich über Wochen erstreckende Flatterrechnung.

Für den Segelflugzeugbau besteht jedoch keine Befürchtung, da der spezifische Aufbau einer Segelmaschine dem Flattern entgegenwirkt. Außerdem liegt die höchste Fluggeschwindigkeit der Segler relativ niedrig und damit unter der kritischen Geschwindigkeit. Es gab auch in der Vergangenheit nur wenige Segelflugzeugmuster, deren Flügel Neigung zum Flattern zeigten.

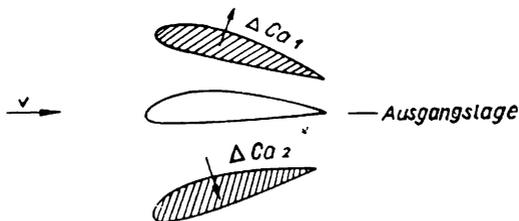


Abb. 13

Betrachten wir nun das Tragwerk! Im Segelflugzeugbau besteht der tragende Teil des Flügels meist aus mehreren Holmen, die verschiedenartig angeordnet und aufgebaut sein können.

Der einholmige Flügel tritt hauptsächlich mit Torsionsnase auf. Zweckmäßig legt der Konstrukteur den Holm an die dickste Stelle des Profils, die meistens für Segelflugzeuge in 25–30 % der Flügeltiefe liegt. So kann der Statiker die volle Trägerhöhe ausnutzen, d. h., das aus dem Biegemoment resultierende Kräftepaar ist für ein vorgegebenes Profil am klein-

sten. Die Holme werden, wie schon erwähnt, als Träger mit 2 Gurten ausgeführt, wobei man die Gurte lamelliert. Erstens kann man dann die Beschaffenheit des Holzes ganz genau kontrollieren (Durchleuchten), zweitens kann für die äußeren Lagen der Lamellen besseres Holz ausgewählt werden, da dort die Beanspruchung am größten ist. Sind größere Torsionsmomente zu übertragen, so nimmt man den zweiholmigen Flügel, da hier die Torsionsröhre wesentlich größer ist. Zur weiteren Steigerung der Verdrehsteifigkeit kann noch ein Kastenholm Verwendung finden. Dieser bildet zusätzlich eine Röhre und wirkt also versteifend. – Bei der Berechnung betrachtet man die Flügel Nase (Torsionsnase) so, als ob sie nur die Torsion weiterleitet, nicht aber bei der Biegung mitträgt (Abb. 14).

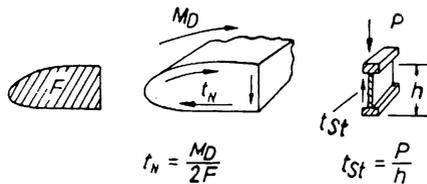


Abb. 14

Diese Vereinfachungen können gemacht werden, wie genauere Berechnungen ergeben. – Außer dem Holm besitzt fast jeder Flügel noch einen Hilfsholm, an dem die Querruder und evtl. die Landklappen gelagert sind (Abb. 15).

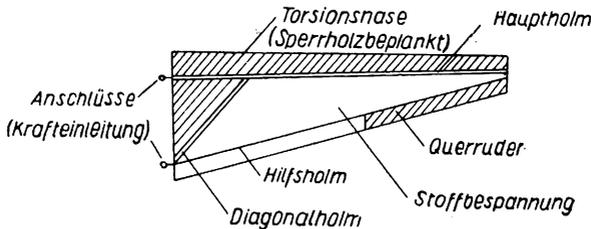


Abb. 15

Zusätzlich leitet der sogenannte Schräg- oder Diagonaltholm die Drehmomente auf den Rumpf über. Das Dreieck zwischen Haupt- und Diagonaltholm muß aber beplankt werden. Hier sei erwähnt, daß dem Konstrukteur wie dem Statiker sogenannte Krafteinleitungs- oder Kraftausleitungs-

stellen oft Kopfschmerzen bereiten, da an diesen Stellen der harmonische Kraft- und Spannungsverlauf grob unterbrochen ist. Solche Punkte (Flügelanschluß, Fahrwerkslage, Leitwerkslage usw.) sind also besonders sorgfältig zu konstruieren und zu berechnen. Oft geben erst Versuche Klarheit über die endgültige Konstruktionsform.

## Der Rumpf

Bei sperrholzbeplankten Rümpfen ist auf die äußere Formgebung zu achten, damit keine Stellen auftreten, an denen das Sperrholz zu stark gewölbt ist (sphärisch gekrümmte Kehlen). Man hat dann keine Kontrolle, wie weit die Näherungsrechnung zutrifft. Hier gilt auch wieder die alte Regel für den Konstrukteur: Entwerfe so, daß der Statiker klare statische Verhältnisse hat und somit eindeutig rechnen kann! – Viel werden die eckigen Rümpfe kritisiert.

Konstruktiv, herstellungsmäßig und berechnungsmäßig sind sie aber am einfachsten. Es darf jedoch nicht so ausarten, daß man primitiv konstruiert nur aus Angst, die Rechnung könnte zu schwierig werden. Selbstverständlich sollen Leistungsmaschinen ovale Rümpfe besitzen. Günstig für die Berechnung sind Rümpfe, die einen Kegelstumpf bilden. Dann hat man bis auf die Leitwerkanschlüsse und das Vorderteil klare statische Verhältnisse (Abb. 16).

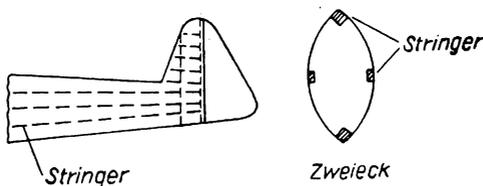


Abb. 16

Zwischen beiden Arten steht der Rumpf mit 2-Eck-Querschnitt. Etwas unübersichtlich sind die Verhältnisse am Rumpfbug. Er ist aber sehr wichtig für die Maschine, da hier die Schleppseilkupplung und die Sitzwanne für den Piloten liegen. Der Rumpfquerschnitt ist vorn durch die Einstiegsöffnung, Fahrwerk, Kupplung usw. gestört und bedarf deshalb einer sorgfältigen Berechnung.

Sogenannte Stringer übernehmen im Rumpf die Rolle der Gurte des Flügels. Sie dienen zur Weiterleitung der aus dem Höhen-Seitenleitwerk stammenden Kräfte und Momente.

## Das Leitwerk

Zu diesem Punkt sei nur auf ein paar interessante Details eingegangen. Im allgemeinen besteht ein Leitwerk aus der Flosse als dem starren, und dem Ruder als dem beweglichen Teil. Die Trennungslinie wird als Ruderspalt bezeichnet. Vom aerodynamischen Standpunkt aus muß ein Ruderspalt mit einer Spaltverkleidung versehen sein, denn sonst kann dort der Ausgleich zwischen Über- und Unterdruck an Flügelunter- und Flügeloberseite vor sich gehen (Höhenruder Baby II b).

Ein Ruder ist meistens mit zwei bis drei Lagern an der Flosse befestigt. Mehrere Lager sind aber nur dann statthaft, wenn bei der elastischen Verformung des Trag- oder Leitwerkes die Beweglichkeit der Ruder gewährleistet ist. Oft verklemmen sich bei stärkerer Beanspruchung die Ruder mit Drei- oder Vier-Punktlagerungen. Der Konstrukteur hilft sich, indem er die Ruder in zwei Teile trennt (z. B. Querruder, äußeres und inneres Querruder, je zweifach gelagert). Trotzdem wird dann der Versuchspilot oftmals noch eine Schwergängigkeit der einzelnen Ruder bemerken. Die Erklärung dafür ist einfach. Klemmen nun die Ruder nicht mehr auf Grund ihrer Lagerung, so geht doch die gesamte Steuerung durch verformte Bauteile. Der Konstrukteur muß also seine Steuerung so im Tragwerk oder Rumpf unterbringen, daß selbst bei starken Durchbiegungen die Beweglichkeit erhalten bleibt. – V-Leitwerke stellen dem Statiker keine allzu schwierigen Probleme, nur der Konstrukteur muß eine sinnvolle Steuermechanik entwerfen, da die Ruder hier zwei Aufgaben haben: nämlich Höhen- und Seitensteuerung zu ermöglichen (Abb. 17).

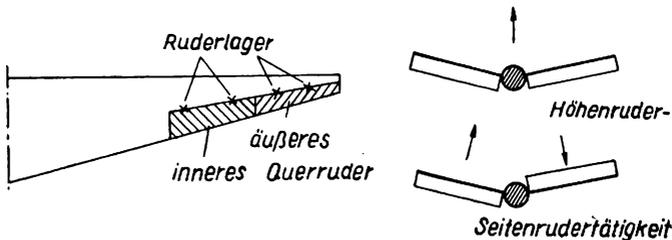


Abb. 17

Das Seitenleitwerk hat unsymmetrische Form. Man versucht konstruktiv, die Beanspruchungen so klein wie nur möglich zu halten, indem man den Flächenschwerpunkt möglichst tief legt, damit das Torsionsmoment für den Rumpf nicht zu groß wird.

Aus dem gleichen Grund wird man selten rechteckige Tragflächen entwerfen, da dann ebenfalls das Einspann-Biegemoment zu groß wird.

Für das V-Leitwerk liegt die resultierende Seitenleitwerkslast sehr hoch und bedingt also größere Torsionsmomente als bei normaler Leitwerksanordnung.

### Das elastische Verhalten des Flugzeuges

Jedes Material ändert unter Krafteinwirkung seine Gestalt. Ebenso ist es beim Flugzeug. Auf Grund der Luftlasten, die auf den Flügel wirken, deformiert sich dieser. Er biegt sich durch. Der Verlauf der Durchbiegung ist noch von den Anschlüssen des Flügels am Rumpf (mit – ohne Streben) und von den Flügelfällen abhängig (Abb. 18).

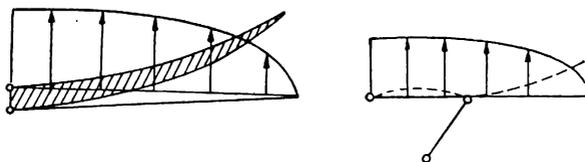


Abb. 18

Diese Durchbiegung kann noch in normalen Fluglagen Größen annehmen, die den Anfänger erschrecken. Bei 15–18 m Spannweite sind 50–80 cm Flügeldurchbiegung keine Seltenheit und auch kein Grund zur Beunruhigung. Anders dagegen ist es, wenn der Flügel sich unter Belastung stark verdreht. Es tritt dann eine Eigenschaft auf, die als Querruderunwirksamkeit bezeichnet wird. Bei Querruderausschlag erhält der Flügel eine Torsionsbelastung. Er verdreht sich.

Es kann dabei passieren, daß wegen einer sehr geringen Torsionssteifigkeit des Flügels bei Querruderausschlag nach oben die Fläche keinen Abtrieb, sondern einen zusätzlichen Auftrieb erhält. Hier muß der Flügel auf jeden Fall torsionssteifer gemacht werden, entweder durch Verstärken der Torsionsbeplankung oder durch Vergrößern der Fläche der Torsionsröhre.

Beim Rumpf spielen die elastischen Verschiebungen nur eine geringe Rolle, da die Abmessungen gegenüber der Fläche wesentlich größer sind und auftretende Durchbiegungen nur das Höhenleitwerk betreffen. Dieser Einfluß kann durch einen zusätzlichen Ruderausschlag kompensiert werden. Seitenrudereinfluß entfällt wegen des kleinen Hebelarms.

Eine interessante Erscheinung tritt manchmal bei elastischer Durchbiegung des Flügels auf. Im Flügel befinden sich Leisten (z. B. die Endleiste), die man zur Festigkeitsberechnung nicht mit berücksichtigt. Man nimmt also an, sie erhalten keine Belastung. Das Erstaunen ist dann oft sehr groß, wenn gerade solche Teile beim Flugbetrieb oder Bruchversuch als erste zu Bruch gehen. Bei teilweise starken Durchbiegungen müssen diese Leisten, da sie im Flügelverband liegen, sich ebenfalls durchbiegen. Diese Zwangsbiegung führt meistens zum Bruch, obwohl die Bauteile „unbelastet“ sind.

### Das Beulen dünnwandiger Bauteile

Eine besondere Eigenart des Flugzeugbaus sei noch erwähnt. Unsere Bauelemente dürfen etwas tun, wobei sich dem Laien die Haare sträuben. Sie dürfen ausbeulen. Allerdings müssen die Beulen nach Aufhören der Last wieder verschwinden. Da die Konstruktionen auch im Segelflugzeugbau dünnwandig sind, neigen die Beplankungen dazu, auszubeulen. Beim Flügel stärker, beim Rumpf weniger. Obwohl Beulen auftreten, halten unsere Konstruktionen noch Belastungen aus, die ein Mehrfaches der Beullast betragen. Allerdings wird man den Flügel bei gesteigerter Leistung beulsteifer bauen, da hier Beulen die aerodynamische Güte des Profils wesentlich verschlechtern. Meist läßt der Statiker wie auch der Konstrukteur Beulen bei Belastung  $j = 0,8$  zu. Der Konstrukteur hat hier eine gute Aufgabe, herauszufinden, welche Konstruktion gewichtlich leichter ist: starke Beplankung mit großem Rippenabstand, dünne Beplankung mit kleinem Rippenabstand oder die neue Integralbauweise, die im Segelflugzeugbau noch einer Überarbeitung bedarf (Abb. 19).



Abb. 19

Unangenehm für den Piloten ist zwar, daß die Beulen mit einem hörbaren „Klick“ ein- bzw. herausspringen. Genügend Erfahrung und gute Unterrichtung wird dem fortgeschrittenen Flugschüler jedoch die Scheu und Angst vor den Beulen an seinem Flugzeug nehmen und sein Vertrauen zu seinem Fluggerät festigen.

In der Praxis geschieht es manchmal, daß einzelne Teile nicht passen, z. B. die Steuerung schon am Boden nicht eingebaut werden kann, weil sie eckt

usw. Dann muß irgendein Bauteil geschwächt werden, um ein anderes einbauen zu können. Hier treten aber oft grobe Fehler auf. Nicht selten wird z. B. eine Steuerung eingepaßt, indem alle Ecken, die hinderlich sind, einfach gedankenlos abgearbeitet werden. So ist es vorgekommen, daß die Sperrholzfahnen von Rippen total abgeschnitten oder daß die Rippen eines Flügels zum Straaken gebracht wurden, indem man sie teils bis auf wenige Millimeter schwächte. – Bauabweichungen müssen also sorgfältig untersucht, dann erst genehmigt werden. Auch wenn es manchmal unangenehm ist, einzelne Teile nochmals anzufertigen, ist es besser, als die Sicherheit der Kameraden zu gefährden. – Handlöcher sind natürlich dort anzubringen, wo sie keinen tragenden Verband stören; andernfalls muß der Konstrukteur eine Verstärkung vorsehen. Es ist also nötig, daß die Kräfte umgeleitet werden, z. B. Torsionsumlegung bei den Lagestellungen von Rudern (Abb. 20).

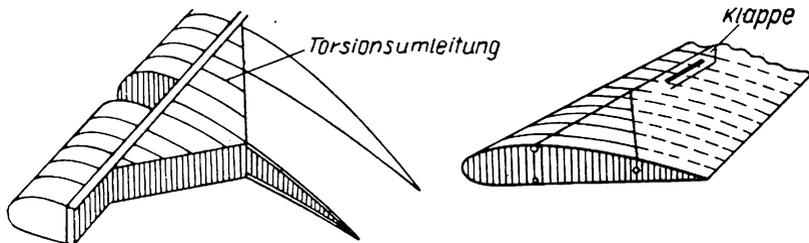


Abb. 20

Ebenfalls ist bei der Konstruktion von Sturz- oder Bremsklappen auf genaue Kraftumleitung zu achten. Hier bewahrheitet sich eine alte Konstruktionsregel im Flugzeugbau: Ausschnitte kosten Gewicht. Denn durch die Kraftumleitung ist eine gewichtlich größere Verstärkung nötig (Ausschnitte für einziehbare und starre Fahrwerke). Interessant für den Konstrukteur sind noch die Schnellverschlüsse. Wie oft ein Segelflugzeug auf- und abgerüstet wird, weiß jeder aus der Praxis. Dies soll aber immer mit wenig Handgriffen und in kurzer Zeit geschehen. So kann man sich die Bolzen für Steuerungszusammenbau sparen, wenn man sogenannte Berührungshebel vorsieht. Hier braucht nur der Flügel montiert zu werden, automatisch ist dann die Steuerung angeschlossen.

Ein Segelflugzeug stellt also, ebenfalls wie jedes andere Flugzeug, ein hochgradig statisch unbestimmtes System dar. Der Vorteil liegt darin, daß bei diesen hochgradig statisch unbestimmten Konstruktionen der Ausfall irgend-

eines tragenden Teiles das Gesamtsystem noch nicht zu Bruch bringt. Die nichtbeeinträchtigten Teile übernehmen dann die Kräfte des ausgefallenen Bauteils. Da jedoch rein rechnerisch dieser hohe Grad der statischen Unbestimmtheit nicht erfaßt werden kann, haben wir in fast allen Bauteilen eines Segelflugzeuges eine kleine zusätzliche Sicherheit. Sie kann aber eventuell durch Konstruktionsfehler, wie ein Stoß von Hirnholz usw., wieder aufgehoben werden. Es sei deshalb noch einmal sehr deutlich gesagt: Kräfte und Spannungen sind stetige Größen, die auch durch stetige harmonische und nach Möglichkeit nicht gestörte Bauteile geleitet sein wollen. Jede scharfe Kante innerhalb einer Konstruktion und jede Kerbe geben Zusatzbeanspruchungen, die rechnerisch meistens nicht erfaßt werden können.

Die Sicherheit des Piloten ist im Flugzeugbau höchstes Gebot. Darum wird auch die Forderung gestellt, daß neben der rechnerisch ermittelten Sicherheit des Segelflugzeuges gegen Bruch, diese Sicherheit in einem Bruchversuch nachgewiesen werden muß. Dieser Bruchversuch deckt oft konstruktive Mängel auf und trägt wesentlich dazu bei, ein Segelflugzeug serienreif zu machen.

Sehr wichtig ist ein Bruchversuch auch für die Beurteilung der dynamischen Belastung, Stoß, Schlag, Schwingung, für die meist nur empirisch gefundene Werte vorliegen. Im Bruchversuch werden die physikalisch errechneten Belastungen auf Trag-, Leitwerk und Rumpf durch Gehänge, Gewichte und Hebel aufgetragen. Dabei hat der Konstrukteur darauf zu achten, daß nicht die Versuchseinrichtung zuerst zu Bruch geht. Im Segelflugzeugbau der DDR arbeiten Konstrukteure, Aerodynamiker und Statiker tatkräftig zusammen, ermitteln neue Bauweisen und schaffen dadurch moderne Leistungsmaschinen mit allen erdenklichen konstruktiven Finessen.

Das herausragende Merkmal unserer Maschinen ist dabei die unbedingte Sicherheit im Rahmen ihrer Zulassung, da die Maschinen nach der Belastungsprüfung durch das Konstrukteurkollektiv auch noch durch die Prüfstelle für Luftfahrtgeräte überprüft werden.

# **Segelflugzeugtypen**

Zusammengestellt von GERD SALZMANN

---

Es wurden nur die Typen aufgenommen, die zur Zeit in der Deutschen Demokratischen Republik geflogen werden.

## „Baby II b“

Auf Grund der bekannten guten Flugeigenschaften und seines einfachen und festen konstruktiven Aufbaues wurde das allgemein bekannte Übungsegelflugzeug „Baby II b“ mit einigen Verbesserungen versehen.

Es wurde eine Kielfesselung, die bei einem Seilwinkel von etwa 70 bis 80° selbsttätig auslöst, eingebaut. Die Auslösung bei Bug- und Kielfesselung erfolgt durch Betätigung einer Zugstange.

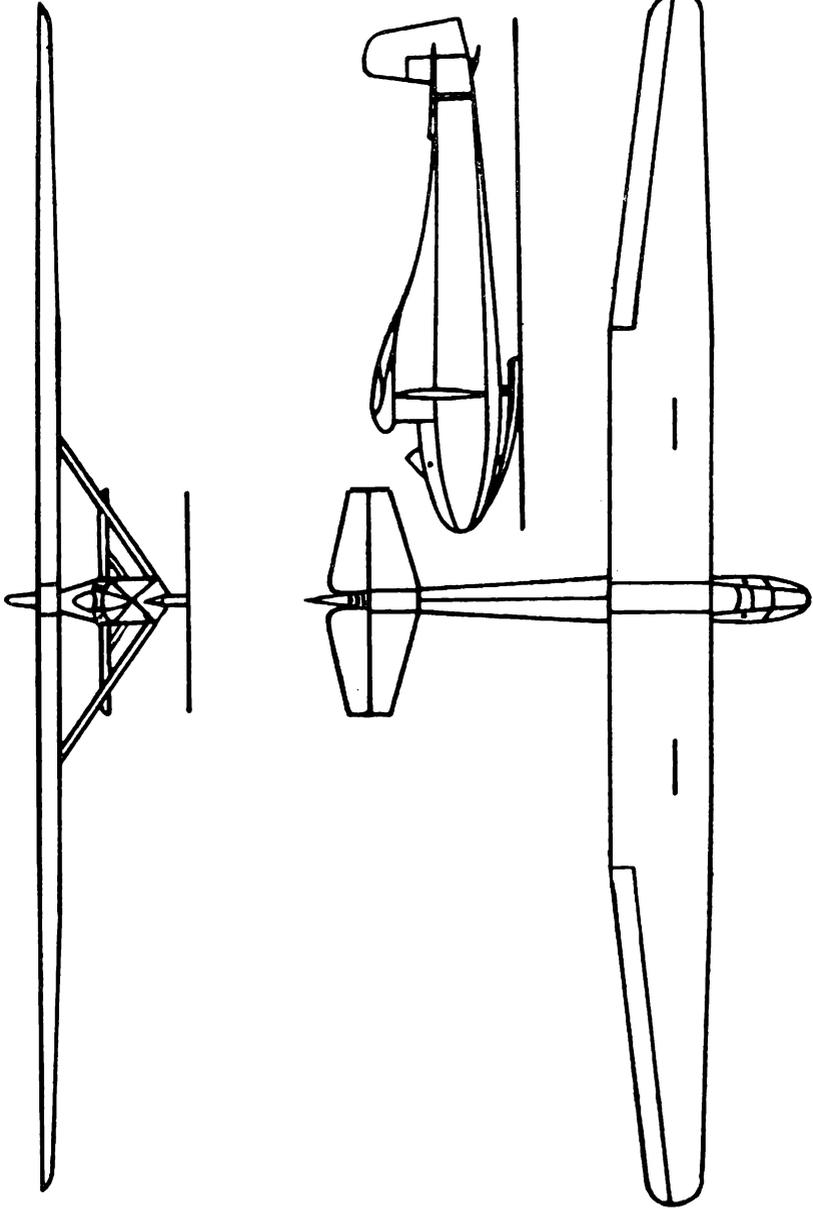
Die vollständig verkleidete Kufe gibt Gewähr, daß sich das Schlepp- und Rückholseil nicht in der Kufe verfangen kann.

Das Segelflugzeug „Baby II b“ ist ein abgestrepter Hochdecker in Holzbauweise. Es hat einen zweiteiligen einholmigen Holzflügel mit torsionssteifer Sperrholznase und Stoffbespannung. Die ausschwenkbaren Bremsklappen sind im Flügel durch Stoßstangen angetrieben.

Der kantige Holzrumpf aus Gurten und Spanten ist durchgehend mit Sperrholz beplankt. Die Windschutzscheibe ist aus splitterfreiem Kunstharzglas. Das Flugzeug hat ein gedämpftes, abgestrebttes Höhenleitwerk in Holzbauweise (zweiholmig, stoffbespannt). Das Seitenleitwerk ist normal, alle Ruder sind mit Ausgleichsflächen versehen.

### Technische Daten

Spannweite	13,57 m
Länge	6,20 m
Höhe	1,35 m
Tragfläche mit Querruder	14,20 m <sup>2</sup>
Rüstgewicht	165 kg
Zuladung	85 kg
Fluggewicht	250 kg
Flächenbelastung	17,6 kg/m <sup>2</sup>
Bruchlastvielfaches	8
Beste Gleitzahl	18
bei Geschwindigkeit	65 km/h
Beste Sinkgeschwindigkeit	0,9 m/s
bei Geschwindigkeit	50 km/h
Maximale Geschwindigkeit	
bei Windenschlepp	80 km/h
bei Flugzeugschlepp	100 km/h
bei Gleitflug	210 km/h



## *Doppelsitzer „FES 530 – Lehrmeister“*

Der Doppelsitzer „FES 530“ ist als Schul- und Übungsflugzeug entwickelt und ermöglicht eine universelle Segelflugschulung. Die Eigenschaften und Leistungen entsprechen den Anforderungen für Anfänger- bis Leistungsschulung einschließlich Gefahreneinweisung.

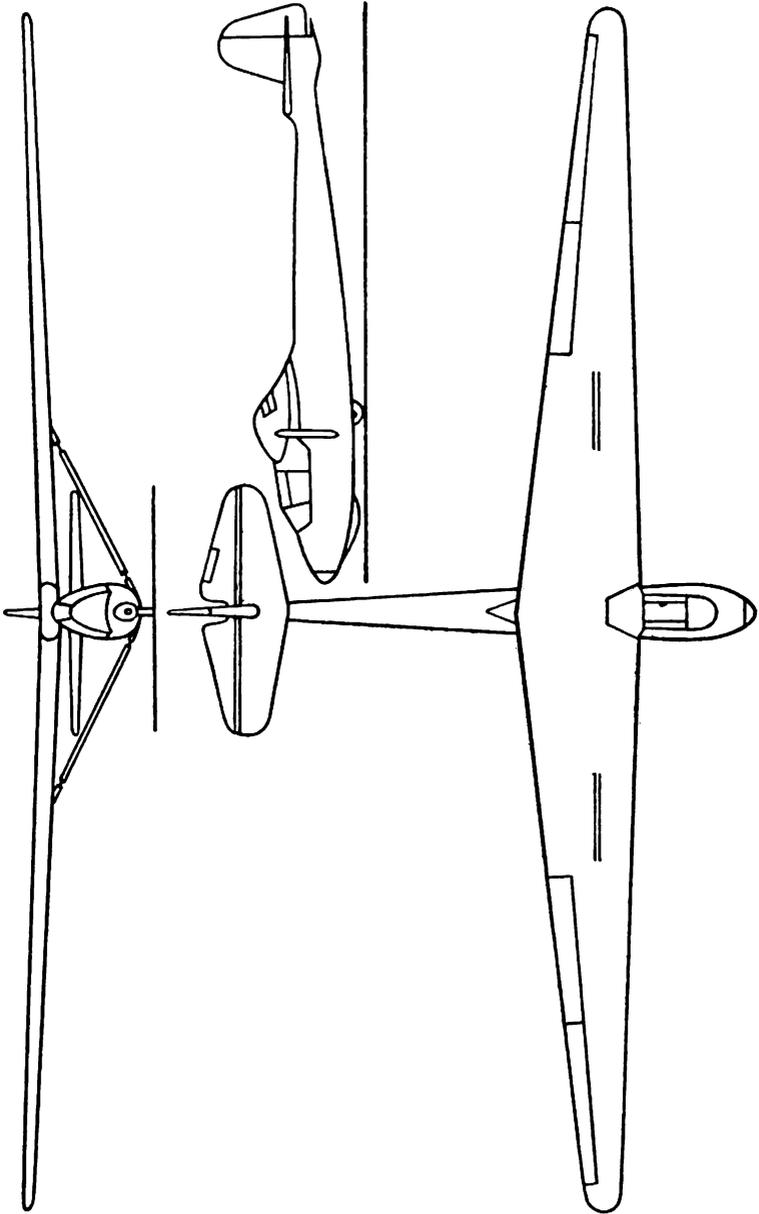
Die Sitze sind hintereinander angeordnet, damit der Schüler das Gefühl des Alleinfliegens hat und bei Umschulung auf Einsitzer dieselben Verhältnisse vorfindet.

Die Plexiglashaube ist aufklappbar und beim Notausstieg abwerfbar.

Der Typ „Lehrmeister“ ist ein abgestrebter Hochdecker in Holzbauweise. Der Rumpf wurde in Holzbauweise mit Spanten, Stringern und Sperrholzaußenhaut ausgeführt. Der Sitzträger ist als Steuerungskanal ausgebildet. Das Leitwerk ist freitragend und die Höhenflosse sperrholzbeplankt mit Dreipunktaufhängung am Rumpf. Die Seitenflosse wurde fest mit dem Rumpf verbunden. Höhen- und Seitenruder sind stoffbespannt. Das Flugzeug hat Höhenrudertrimmung.

### Technische Daten

Spannweite	17,00 m
Länge	7,95 m
Höhe	2,12 m
Tragfläche mit Querruder	19,00 m <sup>2</sup>
Rüstgewicht	320 kg
Zuladung	180 kg
Fluggewicht	500 kg
Flächenbelastung	26,3 kg/m <sup>2</sup>
Bruchlastvielfaches	8,3
Beste Gleitzahl	24
bei Geschwindigkeit	85 km/h
Beste Sinkgeschwindigkeit	0,85 m/s
bei Geschwindigkeit	72 km/h
Maximale Geschwindigkeit	
bei Windenschlepp	100 km/h
bei Flugzeugschlepp	130 km/h
bei Gleitflug	200 km/h



## „Meise“

Das Leistungsflugzeug „Meise“ ermöglicht einem entsprechend vorgeschul-  
ten Piloten, gute Leistungen zu erfliegen. Die anerkannt guten Flugeigen-  
schaften gestatten die Übergangsschulung auf Hochleistungsmaschinen ohne  
besonderes Risiko. Einfacher Kunstflug ist möglich.

Bei Betätigung der Auslösevorrichtung werden sowohl die Bug- wie Kiel-  
fesselung gelöst. Letztere klinkt selbsttätig aus, sobald ein Seilwinkel von  
70 bis 80° erreicht ist.

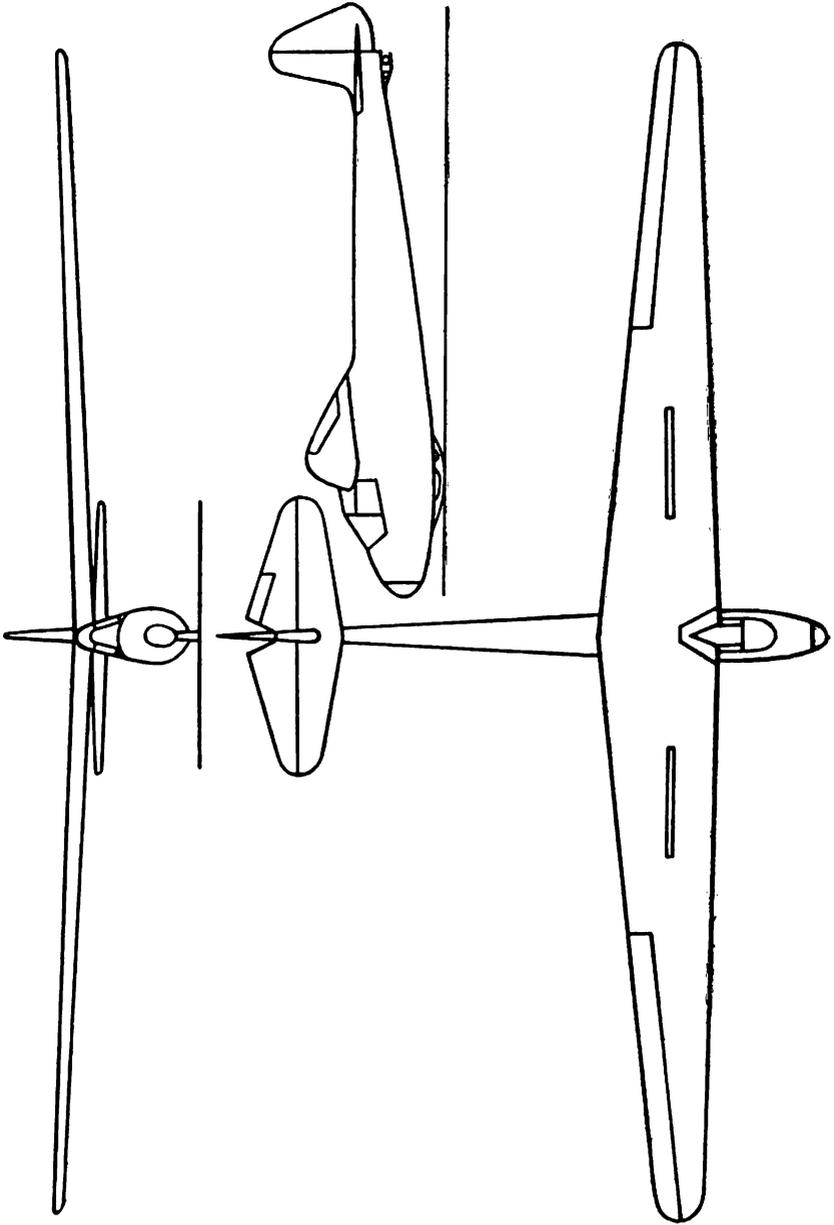
Es ist ein freitragender Hochdecker in Holzbauweise.

Der zweiteilige, einholmige Flügel ist mit Doppel-T-Holm, Sperrholztorsions-  
nase, Wölbungsquerruder, Bremsklappen auf Ober- und Unterseite  
aufgebaut. Holmverbindung erfolgt durch Konusbolzen, während der  
Flügel-Rumpf-Anschluß durch je zwei vordere und hintere Bolzen vorge-  
nommen wird.

Der Ovalrumpf besteht aus Spanten und Längsgurten, die mit Sperrholz  
beplankt wurden. Die Kabinenhaube ist aufsetzbar und durch Hebelaus-  
lösung abwerfbar. Das Leitwerk ist freitragend in Holzbauweise gebaut.  
Der Höhenruderanschluß erfolgt durch Schnellverschluß.

### Technische Daten

Spannweite	15,00 m
Länge	7,27 m
Höhe	1,60 m
Tragfläche mit Querruder	15,00 m <sup>2</sup>
Rüstgewicht	217 kg
Zuladung	83 kg
Fluggewicht	300 kg
Flächenbelastung	20 kg/m <sup>2</sup>
Bruchlastvielfaches	10
Beste Gleitzahl	25
bei Geschwindigkeit	80 km/h
Beste Sinkgeschwindigkeit	0,8 m/s
bei Geschwindigkeit	68 km/h
Maximale Geschwindigkeit	
bei Windenschlepp	80 km/h
bei Flugzeugschlepp	100 km/h
bei Gleitflug	200 km/h



## „Libelle“

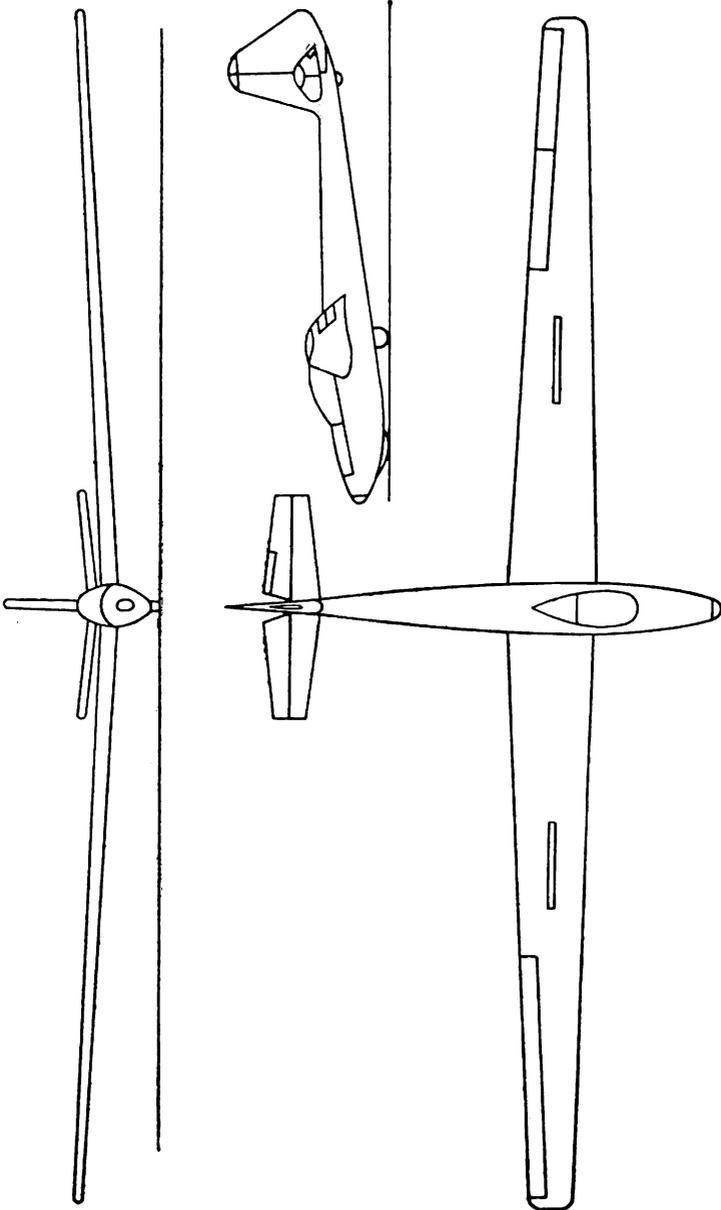
Das Segelflugzeug „Libelle“ ist ein Hochleistungseinsitzer, der sich für alle Flugdisziplinen eignet und für den einfachen Kunstflug zugelassen ist.

Das Flugzeug besitzt ein gefedertes und bremsbares Rad, außerdem je eine gummigefederte Bug- und Heckkufe. Die „Libelle“ ist ein freitragender Mitteldecker in Holzbauweise. Der zweiteilige einholmige Flügel mit diagonalbeplankter Sperrholztorsionsnase und Stoffbespannung ist mit einfachem geteilten und dreifach gelagerten Wölbungsquerruder mit Bremsgitter auf Flügelunterseite und Störleisten auf Flügeloberseite ausgerüstet. Die vorderen Hauptflächenanschlüsse am Rumpf erfolgen über einen zentralen Steckbolzen. Die beiden hinteren Flügelanschlüsse sind durch zwei Steckbolzen mit dem Rumpf verbunden. Die Montage aller Flügel-Rumpf-Verbindungen ist ohne Werkzeug durchführbar. Anschluß der Steuergestänge bei Flügelmontage erfolgt selbsttätig.

Der Rumpf ist von normaler Konstruktion aus Spanten und Stringern mit diagonaler Sperrholzhaut; die Plexiglashaube ist aufklappbar und bei Gefahr durch Hebelbetätigung abwerfbar.

### Technische Daten

Spannweite	16,50 m
Rumpflänge	6,15 m
Höhe	1,25 m
Tragfläche mit Querruder	14,85 m <sup>2</sup>
Rüstgewicht	240 kg
Zuladung	80–90 kg
Fluggewicht (ohne Wasserballast)	330 kg
Flächenbelastung	22,1 kg/m <sup>2</sup>
Bruchlastvielfaches	10
Beste Gleitzahl	32
bei Geschwindigkeit	80 km/h
Beste Sinkgeschwindigkeit	0,62 m/s
bei Geschwindigkeit	63 km/h
Maximale Geschwindigkeit	
bei Windenschlepp	100 km/h
bei Flugzeugschlepp	130 km/h
bei Gleitflug	240 km/h



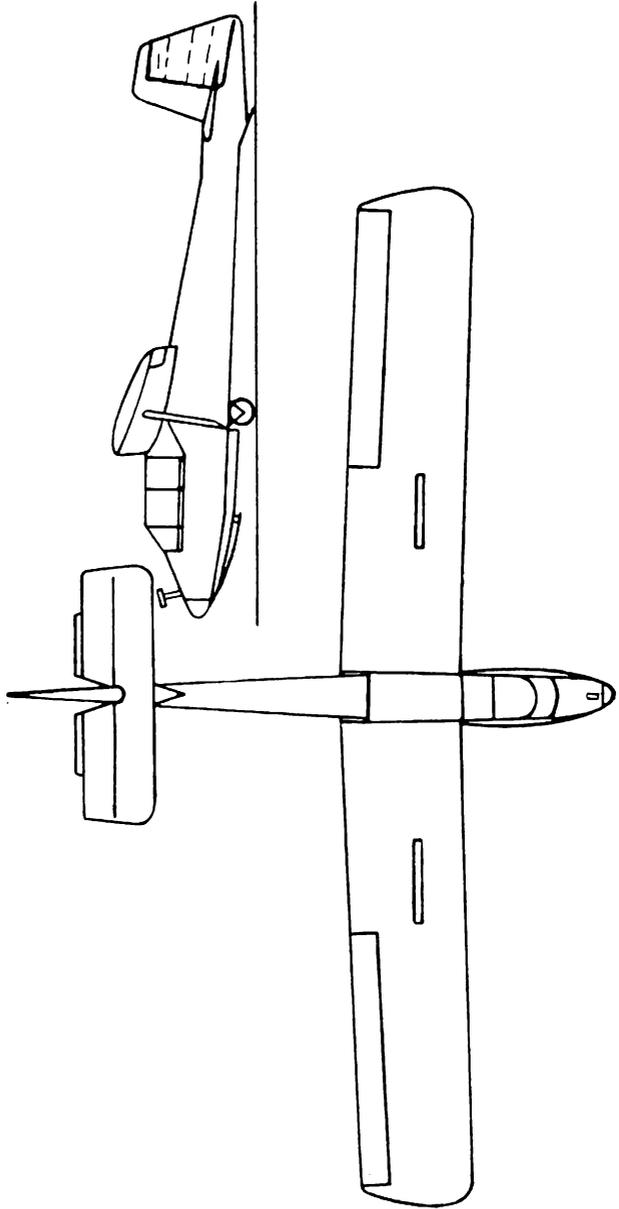
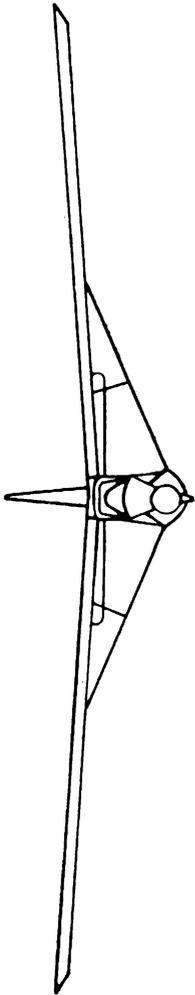
### LF 109 „Pionyr“

Der „Pionyr“ stammt aus der ČSR und ist ein doppelsitziges Schulflugzeug in Gemischtbauweise. Er ist als abgestrepter Hochdecker mit hintereinander angeordneten Sitzen zu bezeichnen.

Die Flügel und Ruder sind in Holzbauweise hergestellt. Der Rumpf ist eine geschweißte Stahlrohrkonstruktion. Der Antrieb der Querruder und der Bremsklappen erfolgt durch Stangen, der des Höhen- und Seitenruders durch Seilzüge. Das Fahrwerk besteht aus einer Kufe und dem abgefederten Niederdruckrad, das hinter dem Schwerpunkt angebracht ist.

#### Technische Daten

Spannweite	13,47 m
Länge	7,77 m
Höhe	1,70 m
Tragfläche	20,20 m <sup>2</sup>
Leergewicht	235 kg
Fluggewicht	415 kg
Flächenbelastung	20,5 kg/m <sup>2</sup>
maximales Fluggewicht	440 kg
Gleitverhältnis	1:18,5
bei Geschwindigkeit	80 km/h
kleinste Sinkgeschwindigkeit	1,06 m
bei Geschwindigkeit	62 km/h
kleinste Geschwindigkeit	52 km/h
zulässige Höchstgeschwindigkeit	
im Sturzflug	220 km/h



## LG-125 „Sohaj“

Das Segelflugzeug „Sohaj“ wurde von einem Kollektiv der Flugzeugfabrik in Gottwaldow (ČSR) unter der Leitung des Konstrukteurs Ing. Smrcka entworfen. Seit dem Entstehungsjahr 1947 ist dieser Typ mehrmals weiterentwickelt worden.

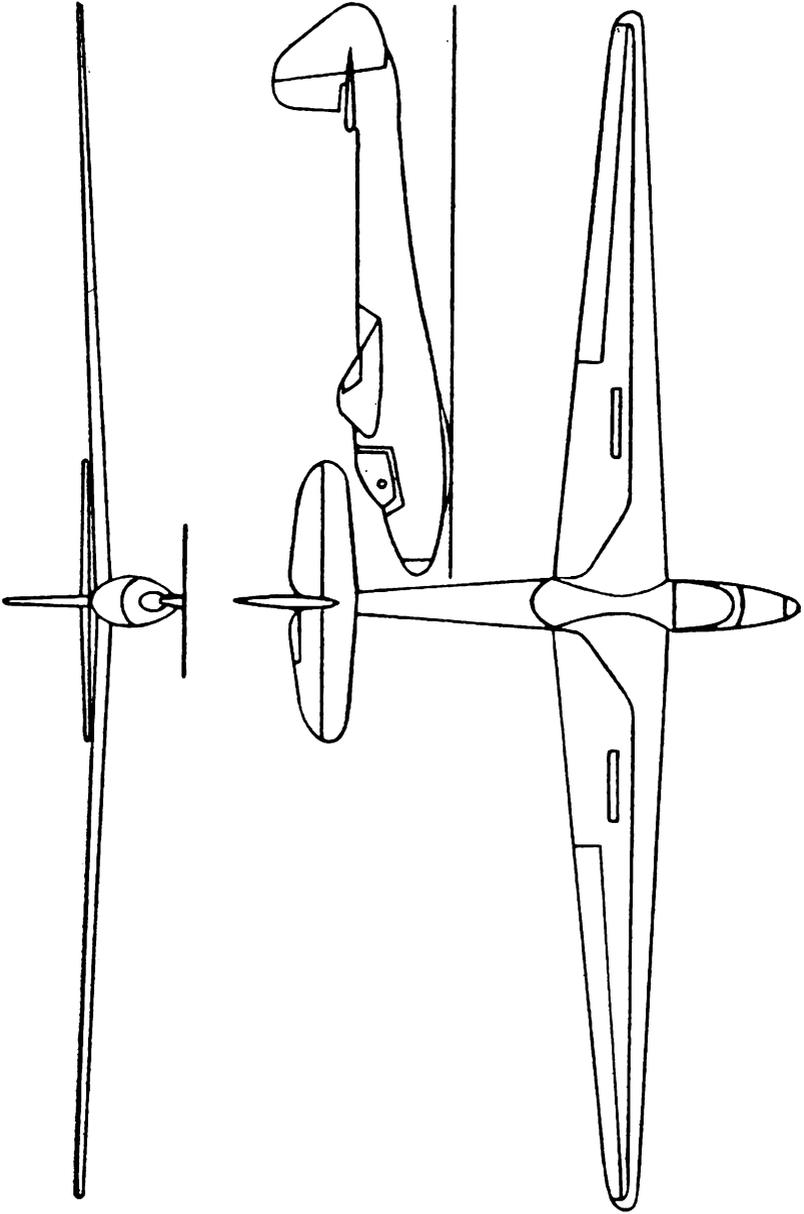
Die „Sohaj“ ist ein einsitziger, freitragender Hochdecker in Ganzholz-Konstruktion.

Der vordere Teil des Flügels bildet mit dem Holm ein Torsionsrohr und ist diagonal beplankt.

Die Kabinenhaube ist aufklappbar. Das Fahrwerk besteht aus Kufe und bremsbarem Rad.

### Technische Daten

Spannweite	15 m
Länge	7,13 m
Höhe	2,33 m
Fläche	14 m <sup>2</sup>
Leergewicht	187 kg
Fluggewicht	295 kg
Flächenbelastung	21,07 kg/m <sup>2</sup>
Gleitverhältnis	1:26
bei Geschwindigkeit	68 km/h
kleinste Sinkgeschwindigkeit	0,7 m/s
bei Geschwindigkeit	65 km/h
Mindestgeschwindigkeit	54 km/h
zulässige Höchstgeschwindigkeit	
im Sturzflug	200 km/h



### L-425 „Sohaj 3“

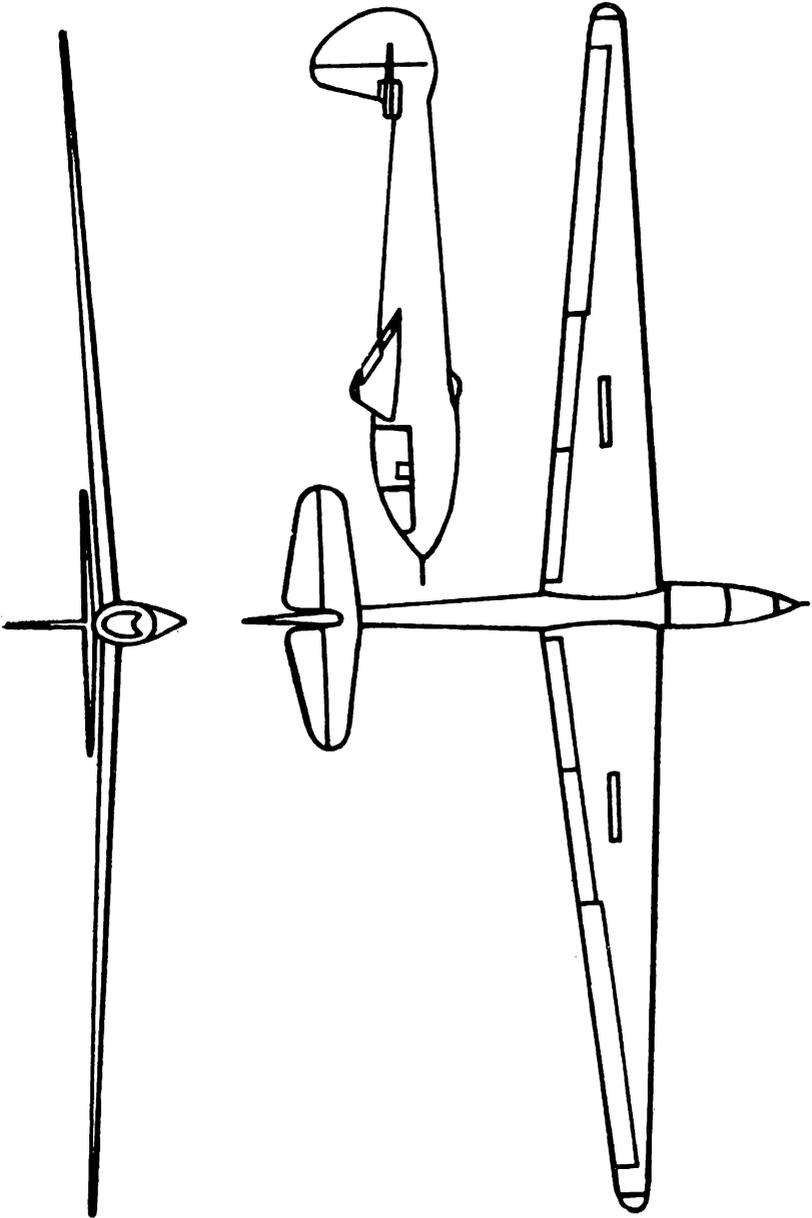
Die neueste Konstruktion der populären „Sohaj“ ist die weitere Entwicklung und Modernisierung im Typ L 425.

Gegenüber der LG 125 wurde die Spannweite und die Flügelfläche vergrößert. Für die Verringerung der Geschwindigkeit im Kreisen wurden zweiteilige Wölbungsklappen eingebaut; eine weitere Verbesserung erfuhr der Rumpf-Flügel-Anschluß.

Der Vorderteil des Rumpfes wurde durch eine moderne Kabine neu geformt.

#### Technische Daten

Spannweite	15,6 m
Länge	7,13 m
Höhe	1,15 m
Tragfläche	14,22 m <sup>2</sup>
Leergewicht	215 kg
Fluggewicht	295 kg
Gleitverhältnis	1:26,5
bei Geschwindigkeit	68 km/h
kleinste Sinkgeschwindigkeit	0,75 m/s
bei Geschwindigkeit	68 km/h
kleinste Geschwindigkeit ohne Klappen	58 km/h
mit Klappen	50 km/h
zulässige Höchstgeschwindigkeit im Sturzflug	200 km/h



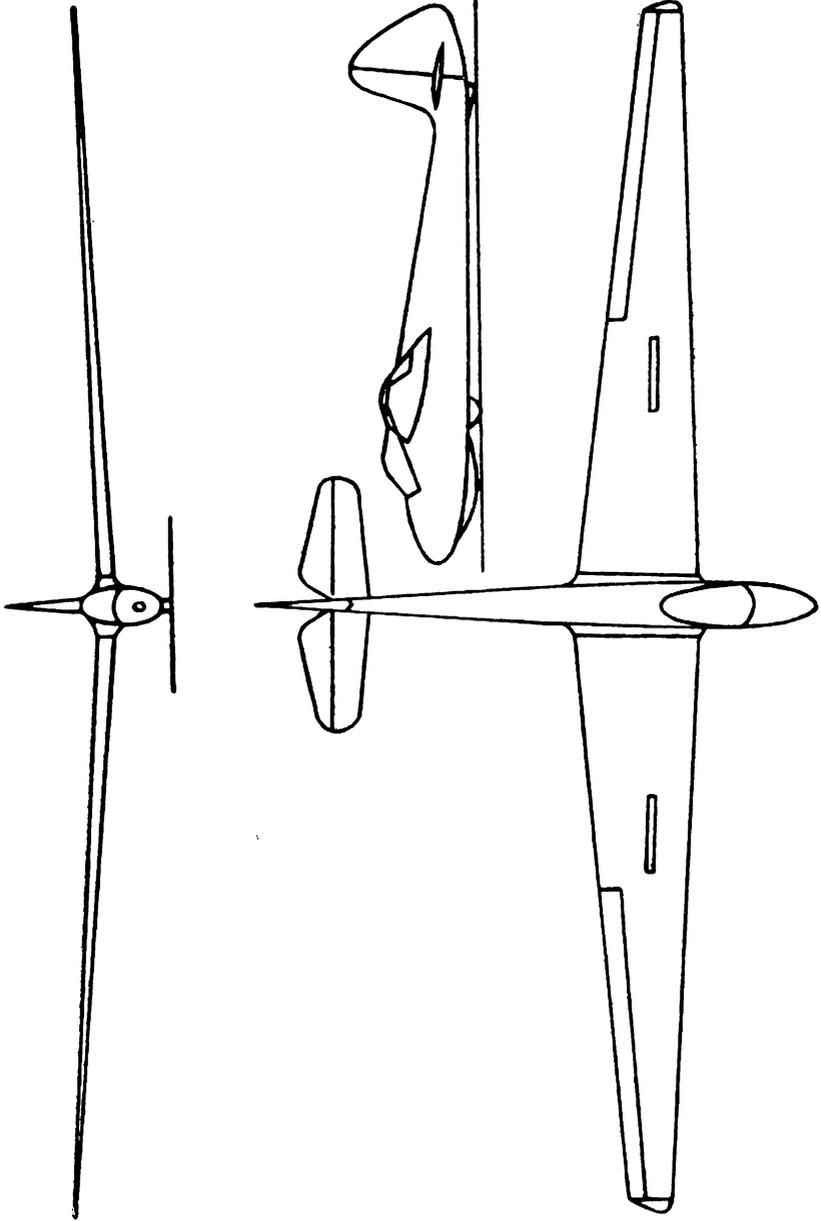
### „Mucha-100“

Einsitziges Segelflugzeug für Training und Leistung. Die „Mucha-100“ ist ein billiges Segelflugzeug, geeignet für Thermikflug, Hangflug und Wolkenflug. Beachtenswert ist, daß für Montage und Demontage der „Mucha-100“ keinerlei Werkzeuge und Hilfselemente benötigt werden.

Die „Mucha-100“ ist ein freitragender Mitteldecker in Holzbau. Der Tragflügel ist zweiteilig, einholmig, mit schrägem Hilfsholm, im Vorderteil mit Sperrholz beplankt, welches eine verdrehungsfeste, tragende Profilnase bildet. Die ungeteilten Querruder sind massen- und aerodynamisch ausgeglichen. Der Rumpf mit ovalem Querschnitt ist mit Sperrholz beplankt. Das Flugzeug stammt aus der Volksrepublik Polen.

#### Technische Daten

Fluggewicht	290 kg
Nutzlast	105 kg
Tragflächenbelastung	17,3 kg/m <sup>2</sup>
Gleitzahl (bei 70 km/h)	24
Sinkgeschwindigkeit	0,77 m/s
Zulässige Geschwindigkeit bei:	
Windenstart	94 km/h
Flugzeugschlepp	130 km/h
Sturzflug	220 km/h
Mindestgeschwindigkeit	50 km/h



## „Jaskólka“

(Einsitziges Hochleistungsflugzeug)

Die „Jaskólka“ ist ein modernes Segelflugzeug für Hochleistungs- und Rekordflüge. Besonders gut bewährte sie sich im schnellen Thermikflug sowie in Wolken- und Blindflügen.

Die Hauptvorzüge sind aerodynamische Vollkommenheit und ausgezeichnete Streckenflugeigenschaften. Einen weiteren Vorteil bildet die automatische Kuppelung der Steuerantriebe an allen Trennstellen, dank welcher die Montage bzw. Demontage in der Rekordzeit von 3 bis 10 Minuten durchgeführt wird.

Die „Jaskólka“ ist als freitragender Mitteldecker in Holzbau ausgeführt. Der Tragflügel ist zweiteilig, einholmig, mit Sperrholz bedeckt. Die zweiteiligen Differential-Spalt-Querruder sind aerodynamisch und auf Massen ausgeglichen. Die Fowler-Klappen kann man in drei Längen 0°, 12° und 25° verriegeln. Aerodynamische Sturzflugbremsen (Typ Göppingen) kamen zum Einbau.

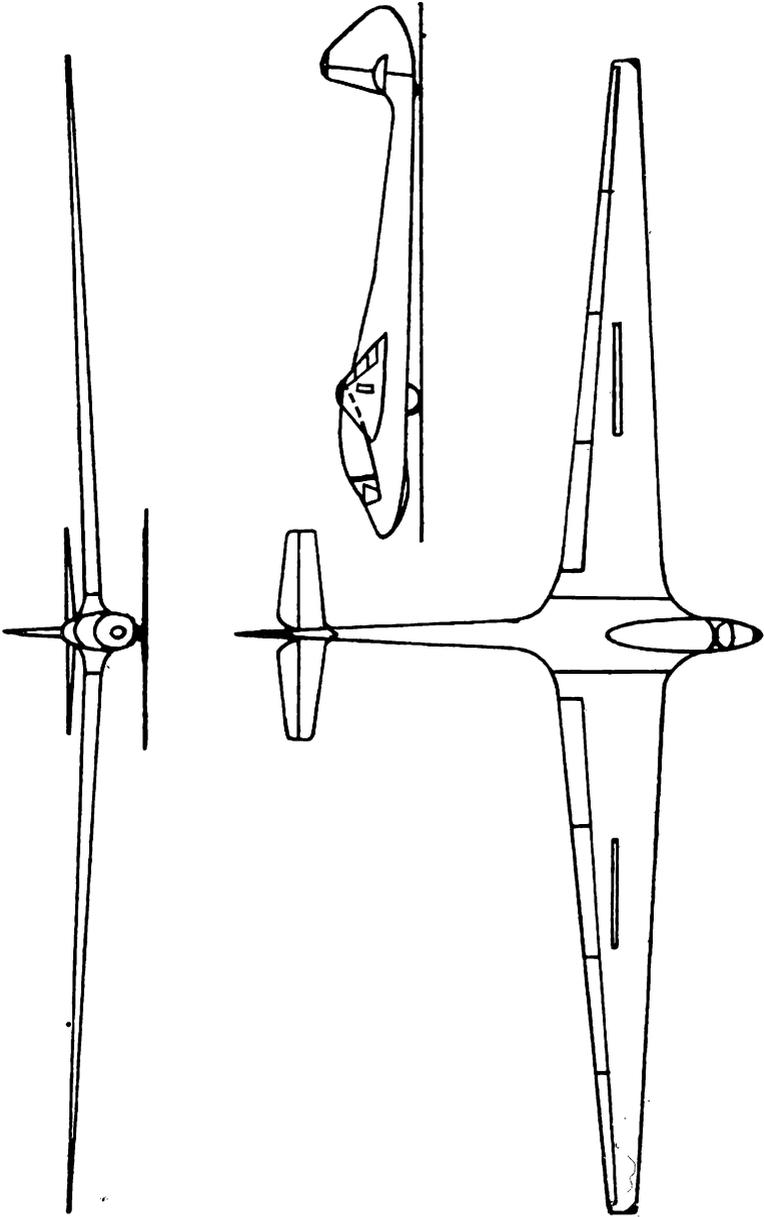
Der Rumpf hat ovalen Querschnitt und ist ganz mit Sperrholz beplankt. Die Führerkabine befindet sich im Vorderteil und ist mit einer Plexihaube verdeckt.

Unter dem Rumpf befindet sich ein Einrad-Fahrgestell, das teilweise in den Rumpf eingezogen werden kann. Das Rad des Fahrgestells besitzt eine mechanische Bremse, die mit dem Bedienungshebel der Sturzflugbremsen gekuppelt ist.

Die „Jaskólka“ ist eine Konstruktion aus der Volksrepublik Polen.

### Technische Daten

Fluggewicht	340 kg
Gewicht des Flugzeugführers mit Ausrüstung	90 kg
Tragflächenbelastung	25 kg/m <sup>2</sup>
Gleitzahl (bei 80 km/h)	26,4
Sinkgeschwindigkeit (bei 68 km/h)	0,76 m/s
Zulässige Geschwindigkeit bei:	
Schleppwindenstart	110 km/h
Flugzeugschlepp	150 km/h
Sturzflug	250 km/h



## „Bocian“

(Zweisitziges Hochleistungssegelflugzeug)

Der „Bocian“ ist ein modernes Hochleistungssegelflugzeug mit besten aerodynamischen Eigenschaften.

Besondere Merkmale des „Bocian“ sind: vollkommenes Sichtfeld beider nahezu gänzlich vor dem Tragflügel gelegenen Sitzplätze und eine ausgezeichnete Wendigkeit.

Der „Bocian“ besitzt, ähnlich wie die „Jaskolka“, vollautomatische Kuppelung der Steuerantriebe an allen Trennstellen, was die Montagezeit wesentlich verkürzt.

Das Hochleistungssegelflugzeug „Bocian“ ist ein freitragender Mitteldecker in Holzbauweise. Die Pilotensitze sind in Tandemanordnung. Der hintere Pilotensitz befindet sich fast im Schwerpunkt des Flugzeuges, wodurch die Anwendung von Trimmgewichten bei Einzelbesatzung entfällt. Der Tragflügel ist zweiteilig, einholmig, mit tragender, teilweise mit Sperrholz beplankter Flügelnase und hat negative Pfeilung. Das geteilte Differential-Querruder ist aerodynamisch ausgeglichen und hat für jeden Teil einen besonderen Antrieb.

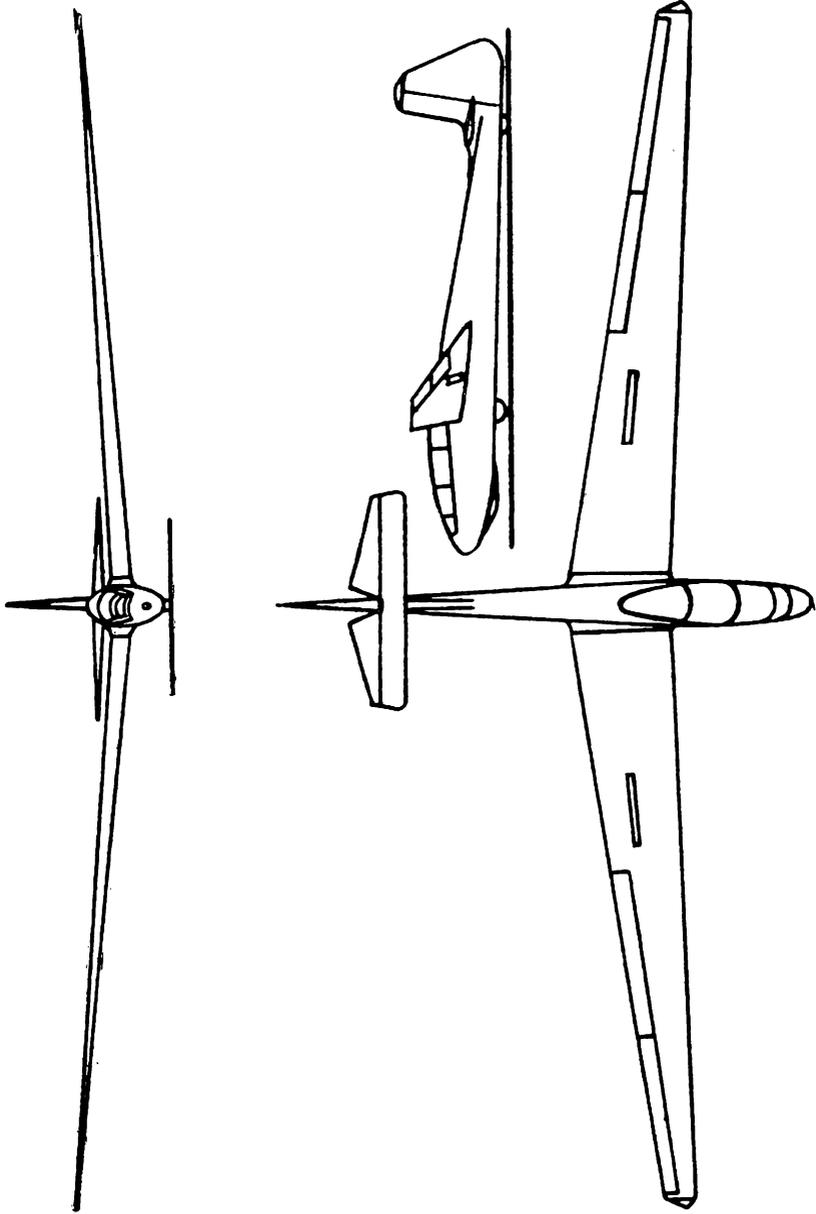
Der Stringerrumpf von ovalem Querschnitt ist vollständig mit Sperrholz beplankt. Die doppelsitzige Kabine ist mit einer Plexihaube abgedeckt.

Unter dem Rumpf befindet sich ein festes Einrad-Fahrgestell und eine vordere Hilfskufe, die mit Gummischlauch gefedert ist. Das Rad des Fahrgestells ist mit einer mechanischen Bremse ausgestattet, die mit dem Bedienungshebel der Sturzflugbremsen zusammengekuppelt ist.

Das Flugzeug wurde in der Volksrepublik Polen entworfen.

### Technische Angaben

Fluggewicht	500 kg
Nutzlast	170 kg
Tragflächenbelastung	25 kg/m <sup>2</sup>
Gleitzahl (bei 80 km/h)	26
Sinkgeschwindigkeit (bei 70 km/h)	0,82 m/s
Zulässige Geschwindigkeiten:	
Windenstart	115 km/h
Flugzeugschlepp	140 km/h
Sturzflug	200 km/h
Mindestgeschwindigkeit	52 km/h



# Motorsegler – Motorgleiter

Von Prof. Dipl.-Ing. H. LANDMANN

Mit der Bezeichnung „Motorsegler“ wird häufig nicht korrekt umgegangen, weil er auch auf motorisierte Segel- und Gleitflugzeuge und sogar auf Ultraleichtflugzeuge angewandt wird. Allen gemeinsam ist ein gegenüber normalen Leichtflugzeugen sehr billiger Flugbetrieb infolge kleiner Motorleistung. In ihrem Äußeren wie auch im Flugstil unterscheiden sich allerdings die genannten Kategorien voneinander. Das Ultraleichtflugzeug ist ein verkleinertes Motorflugzeug, das bei kleinen Abmessungen und Gewichten mit Flächenbelastungen und Leistungsbelastungen auskommt, die normalen Leichtflugzeugen entsprechen. Infolgedessen kann man von ihm gute Horizontal- und Steiggeschwindigkeiten, aber keine Segelfähigkeit erwarten. Schalten wir deshalb diese Kategorie aus unseren Betrachtungen aus, so umfaßt der Motorsegler – im noch immer erweiterten Sinne – alle solche Auslegungen, die auf Grund ihrer Konzeption (große Spannweite, geringe Flächenbelastung usw.) eine kleine Sinkgeschwindigkeit besitzen. Sie haben somit eine mehr oder weniger große Fähigkeit, die in der Atmosphäre vorhandenen Aufwindenergien zur Deckung des Leistungsbedarfes und zum Höhengewinn heranzuziehen. Gegenüber der erstgenannten Kategorie sind Abmessungen, Gewicht und Leistungsbelastung größer, die Geschwindigkeit, bedingt durch die geringere Flächenbelastung, jedoch kleiner. Das Fliegen mit Motorseglern ist kein reines Motorfliegen, sondern nähert sich dem Segelfliegen um so mehr, je aerodynamisch hochwertiger, d. h. je segelfähiger das betreffende Flugzeug ist. Unterschiede in dieser Hinsicht sind aber, wie aus der Segelfliegerei bekannt ist, sehr stark von den Kosten abhängig. Dazu kommt, daß beim hochwertigen Motorsegler noch ein zusätzlicher Aufwand für die möglichst umfassende Verhinderung des Triebwerk-Luftwiderstandes getrieben werden muß, so daß die Anschaffungswerte der Motorsegler noch stärker differieren als bei den motorlosen Segelflugzeugen.

Wenn wir im folgenden verschiedene Unterkategorien von „Motorseglern“ aufstellen, so muß man bei ihrem gegenseitigen Vergleich, ebenso wie bei den Schul-, Übungs-, Leistungs- und Hochleistungssegelflugzeugen, den Zusammenhang zwischen technischem und finanziellem Aufwand einerseits und der Leistungsfähigkeit auf der anderen Seite beachten. Aus dieser Perspektive gesehen, hat der motorisierte Schulgleiter ebenso seine Existenz-

berechtigung wie der ideale Motorsegler. Dabei braucht hier nicht erörtert zu werden, welches die absolut beste Lösung ist. Entsprechend den verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten wird es verschiedene Arten von Motorseglern geben können. Was es aber nicht geben sollte; das sind unfachmännisch zusammengebastelte Provisorien, die der Sache nur schaden können. Die Konstruktion eines Motorseglers muß in jedem Fall ernst genommen werden und bedarf eines großen Könnens um so mehr, als die Konstrukteure sich hier noch nicht auf ausgetretenen Bahnen bewegen. Was sie schaffen sollen, ist keinesfalls ein „Volksflugzeug“ wie die vor etwa 20 Jahren in Frankreich entstandene „Himmelslaus“. Solche Geräte kann man vielleicht als Motorgleiter ansprechen. Sie haben den Vorzug, daß sie im Selbstbau recht billig herstellbar sind. Es ist aber ein Mißgriff, die Popularisierung des Fliegens durch allzugroße Primitivität vorantreiben zu wollen. Im genannten Falle war z. B. der Versuch gemacht worden, das Fliegenlernen durch Weglassen der Quersteuerung zu erleichtern, was in Verbindung mit weiteren Unzulänglichkeiten zu schweren Unfällen, nicht aber zur erwünschten Narrensicherheit geführt hat.

Wollen wir einmal betrachten, welche zweckdienlichen Auslegungen von „Motorseglern“ es bisher gab oder in Zukunft geben könnte.

## **Motorsegler**

Im enger gefaßten Sinne stellt der Motorsegler die höchste Stufe von allen hier beschriebenen Flugzeugen ähnlicher Art dar. Er verfügt über ungestörte Segeleigenschaften bei abgestelltem Triebwerk. Seine Motorleistung reicht aus, um mit eigener Kraft zu starten, entferntere Aufwindfelder aufzusuchen, größere aufwindlose Zonen zu überbrücken und nach Außenlandungen wieder nach Hause zu fliegen. Somit ist die Einsatzmöglichkeit des Motorseglers äußerst vielseitig. Es können mit ihm Flüge von weit größerer Dauer und Häufigkeit durchgeführt werden als mit motorlosen Hochleistungsseglern.

Das Triebwerk darf sich höchstens durch sein Gewicht bemerkbar machen, darf aber die aerodynamische Güte der Zelle nicht stören. Folglich ist es im Inneren des Flugzeugs untergebracht, und die Luftschraube wird durch geeignete Maßnahmen dem Fahrtwind möglichst entzogen. Hierzu dienen meist nach hinten einklappbare Luftschraubenblätter (Faltschraube), Verstellpropeller mit Segelstellung, Einschwenken des Propellers in die Konturen des Rumpfes oder ähnliches. Bezüglich Kühlung und Brandsicherheit

des Motors liegen besonders erschwerende Bedingungen vor. Es müssen ferner gesteigerte Anforderungen an die Startbereitschaft auch im kalten Zustand erhoben werden, damit der Pilot sich in jedem Fall auf seinen Motor verlassen kann, wenn er ihn nach längerem Segelflug plötzlich benötigt. Was die Zelle betrifft, so sind festigkeitsmäßig und aerodynamisch mindestens die gleichen Forderungen zu stellen wie an Leistungssegelflugzeuge.

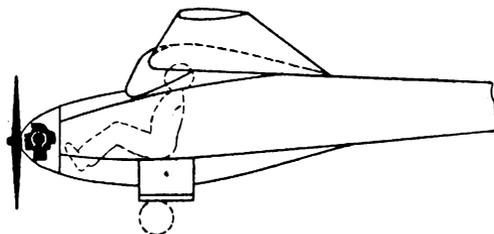
### *Einsitzige Motorsegler*

Bis 1945 sind lediglich Einsitzer entwickelt worden. Wenn man den Begriff Motorsegler im oben dargelegten engsten Sinne verstehen will, so sind es außer einem englischen Vorläufer (Carden-Baynes) nur zwei in Deutschland entstandene Muster von Wünscher und Hirth, die, wie auch andere bemerkenswerte Maschinen, im Abschnitt „Triebwerksanordnung“ näher beschrieben werden. Sie zeichnen sich beide durch einspurige, in den Rumpf eingebaute Fahrwerke und durch die Verwendung von Motoren von 18 bzw. 25 PS aus. Ihre guten Leistungen könnten noch verbessert werden. Der einsitzige Motorsegler ist das ideale Gerät für geübte Segelflieger, aber kein Umschulungsgerät vom Segel- zum Motorflug. Das eingebaute Triebwerk macht von Starthilfen und Helfern nahezu unabhängig und könnte noch unabhängiger machen, wenn ein zweispuriges Einziehfahrwerk und ein so großer Leistungsüberschuß zur Anwendung kämen, daß man auch aus kleinsten Plätzen heraus starten könnte. Bei geringem Leistungsüberschuß könnten Starthilfen wie Winden oder Startraketen angewendet werden.

### *Zweisitzige Motorsegler*

In letzter Zeit tauchen, insbesondere in Westdeutschland, zweisitzige Leichtflugzeuge auf, die entweder aus Segelflugdoppelsitzern entwickelt wurden, wie der „Motorraab“ und die „Motormöve“, oder wie die „RW 3“ von Fischer als Neuentwicklung starke Verwandtschaft zum Segelflugzeug zeigen. Bei den beiden erstgenannten Mustern liegt der Motor mit starrer Zugschraube im Rumpfbug. (Ein älteres Beispiel dieser Triebwerksanordnung sehen wir auf S. 21.) Bei der „RW 3“ ist das Triebwerk so angeordnet, wie es beim Motorsegler sein soll (siehe Abb. 31). Die Fluggewichte liegen mit 550 bis 700 kg und die Flächenbelastungen mit 27 bis 37 kp/m<sup>2</sup> so hoch, daß z. T. eine Eingruppierung in die Klasse der Leichtflugzeuge gerechtfertigt erscheint. Bei der „RW 3“, die sonst alle Merkmale eines hochwertigen Motorseglers trägt, kann man sich fragen, ob Motorleistungen von 75 PS für derartige Flugzeuge angebracht sind.

Da das gleiche Muster jedoch auch mit Triebwerken von 40 und 55 PS angeboten, seine Sinkgeschwindigkeit mit 0,9 m/s und sein Gleitwinkel mit 1 : 22 angegeben wird, dürfte hier erstmalig ein guter zweiseitiger Motorsegler entstanden sein, der für künftige Konstruktionen richtungweisend sein kann.



*Abb. 21: Triebwerk im Rumpfbug – „Mü 13“ der Akaflieg München, 1937*

## Motorisierte Segelflugzeuge

Vom Motorsegler in Reinkultur unterscheiden sich die motorisierten Segelflugzeuge hauptsächlich dadurch, daß das Triebwerk kein organischer Bestandteil ist, sondern als besonderes Teil an oder auf der Zelle montiert und gegebenenfalls leicht abnehmbar ist. Hierdurch wird die an sich aerodynamisch hochwertige Zelle in ihrer Segelfähigkeit beeinträchtigt und damit der eigentliche Zweck, in der Hauptsache zu segeln und den Motor nur aus besonderen Gründen in Betrieb zu nehmen, nur zu leicht ins Gegenteil verkehrt. Man darf den Luftwiderstand eines luftgekühlten Motors und den eines nicht antreibenden Propellers – im Hinblick auf die übrigens sehr geringen Widerstände eines solchen Flugzeuges – nicht unterschätzen. Durch Anwendung von Falt- oder Verstellschrauben läßt sich der Nachteil gegenüber dem wirklichen Motorsegler jedoch stark verringern. Die oben gegebene Definition darf im allgemeinen nicht so verstanden werden, daß auf ein vorhandenes beliebiges Segelflugzeug ein ebenso beliebiges Triebwerk aufgesetzt wird; das würde schon festigkeitsmäßig nicht angehen. Ein Kleinflugmotor von 20 PS wiegt mit allem Drum und Dran einschließlich kleinem Brennstoffvorrat leicht seine 50 bis 60 kg. Rechnet man nun noch das Mehrgewicht für das Fahrwerk und sonstiger zu verstärkenden Teile hinzu, so entspricht alles zusammen etwa dem Gewicht einer weiteren Person. Unter diesen Umständen sind folgende Versionen denkbar:

### *Einsitziges motorisiertes Segelflugzeug*

Dieser Typ müßte mit einer dem Triebwerksgewicht angepaßten Festigkeit der tragenden Teile konstruiert werden. Solche Konstruktionen sind schon häufig ausgeführt und erfolgreich geflogen worden.

### *Einsitzig geflogener Segelflug-Doppelsitzer*

Er ist mit einem im Hinter- oder Vordersitz einzubauenden Triebwerk vorzusehen. Diese Ausführung hat den Vorteil, daß man mit geringem baulichen Aufwand aus einem zweisitzigen ein einsitziges motorisiertes Segelflugzeug herstellen kann. Derartige Vorschläge sind wiederholt gemacht worden und nicht zu verachten. Man kann bei sorgfältigem Triebwerkeinbau fast dasselbe erreichen wie mit dem Motorsegler, muß aber ein höheres Fluggewicht in Kauf nehmen.

### *Zweisitziges motorisiertes Segelflugzeug*

Diese an sich dankbare Lösung hat bisher keine Bedeutung erlangt. Vom Standpunkt ihrer Entstehungsgeschichte aus müßten die schon erwähnten Muster „Motormöve“ und „Motorraab“ vielleicht an dieser Stelle genannt werden. Dagegen sprechen aber der feste Triebwerkeinbau und das feste Fahrwerk der beiden Muster, welche man, wie schon gesagt, auf Grund ihrer Bauart, ihres hohen Gewichtes und ihrer geringen Segelfähigkeit zu den Leichtflugzeugen zählen muß.

## **Motorgleiter**

Zum Motorsegler verhält sich der Motorgleiter ganz ähnlich wie die entsprechenden motorlosen Ausführungen. So zeichnet sich der Motorgleiter durch relativ kleine Spannweite und ein schlechtes Gleitverhältnis bei nicht laufendem Motor, aber andererseits durch geringes Gewicht, einfache Bauweise und besonders harmlose Flugeigenschaften aus. Mit solchen Eigenschaften ausgerüstet, ist er ein billiges und brauchbares Schul- und Übungsflugzeug für Einsatz bei ruhigem Wetter und dementsprechend geringen Ansprüchen an die Festigkeit der Zelle, und an die Fluggeschwindigkeit. Motorgleiter sind schon häufig gebaut worden, und zwar vorwiegend als Einsitzer. Mitunter ist die Frage, ob Motorgleiter oder Ultraleichtflugzeug, kaum zu entscheiden, da es noch keine Aufstellung von Merkmalen für Motorgleiter gibt. Das wichtigste Merkmal ist wohl die kleine Flächenbelastung, als deren obere Grenze man vielleicht  $20 \text{ kp/m}^2$

annehmen kann. Im allgemeinen wird die erstrebte Hochdeckerbauart bevorzugt, braucht aber nicht Bedingung zu sein. Auch die Fähigkeit, mit eigener Motorkraft starten zu können, braucht nicht in jedem Fall gefordert zu werden, wo Winden oder andere Starthilfen zur Verfügung stehen. Es werden vorwiegend fest angebaute Triebwerke mit starren Propellern verwendet, da man auf Segelfähigkeit ohnehin verzichten kann. Auch die Fahrwerke sind fest angebracht und zeigen ein- oder zweispurige Bauweise.

#### *Selbststartender einsitziger Motorgleiter*

Wählt man die Motorleistung so, daß bei genügendem Leistungsüberschuß auf andere Starthilfen verzichtet wird, so hat man ein überall einsatzfähiges Übungsflugzeug. Diese Bauart war die bisher am häufigsten ausgeführte, die auch in Zukunft ihre Bedeutung behalten wird. Mit ihr können sogar kleine Überland- und Höhenflüge ausgeführt werden.

#### *Motorisierter einsitziger Schulgleiter*

Den Hauptnachteil des motorlosen Schulgleiters, daß er nur kurze Flüge ausführen kann, hat man wiederholt durch Einbau eines kleinen Triebwerkes in vorhandene Gleiter zu beseitigen gesucht. Sehr erfolgreich konnten solche Versuche kaum sein, da sie zumeist von Nichtfachleuten mit untauglichen Mitteln unternommen wurden. Der Gedanke an sich ist gut, kann man doch mit einem kleinen Motor die Flugleistungen eines Gleiters viel billiger erhöhen als durch aerodynamische Verfeinerung. Ob aber das zusätzliche Triebwerksgewicht die Festigkeit der Zelle nicht unzulässig herabsetzt, ist eine Frage, über die man nicht hinweggehen darf. Natürlich kommt hier nur Fremdstart in Frage.

#### *Motorisierter zweisitziger Schulgleiter*

Motorlose zweisitzige Gleiter gibt es nur selten. Bei der Zweisitzerschulung ist es schon besser, aerodynamisch hochwertigere Flugzeuge zu verwenden, weil sonst die Einzelflughdauer gar zu kurz wird. Gerade hier bietet sich dem Konstrukteur eine dankbare Aufgabe: Durch Motorisieren eines im Aufbau einfachen und billigen zweisitzigen Gleiters kann man Leistungen erzielen, die ein hochwertiges Segelflugzeug nie erreicht, nämlich: den Flug ohne Höhenverlust bei jeder Tages- und Jahreszeit. Nach erfolgtem Windenstart kann der Fluglehrer mit dem Schüler Flüge von beliebiger Dauer und räumlicher Ausdehnung durchführen und ihn so schnell und

mit denkbar geringen Kosten fördern. Der nächste Schritt, das Freimachen von der Winde, würde jedoch schon verhältnismäßig starke Motoren bedingen, womit man sich wieder auf das Gebiet der Leichtflugzeuge begäbe.

## **Kennzeichnende Daten**

Für die Entwicklung der Motorsegler muß es als besonders hemmend angesehen werden, daß es bisher keine verbindlichen Begriffsbestimmungen für diese Kategorie gegeben hat, und hieraus erklären sich zum großen Teil ihre nicht besonders ermutigenden Erfolge sowie die reichlich verschwommenen Abgrenzungen gegenüber den Nachbarkategorien. Wenn man in Zukunft hier vorankommen will, dann ist es unbedingt erforderlich, daß für Motorsegler und Motorgleiter allgemein anerkannte technische Daten festgelegt werden. Diese kann man aber schlecht vom grünen Tisch aus vorschreiben. Es ist sogar wahrscheinlich, daß sie – ähnlich wie die Lastannahmen für Flugzeuge – entsprechend der technischen Entwicklung und den wachsenden Erkenntnissen laufend verbessert und vervollständigt werden. Eine ältere, in Deutschland zusammengestellte Empfehlung mit dem Titel „Definition, Richtlinien, Lastannahmen für Flugzeuge der Kategorie Motorsegler“, im folgenden kurz als „Richtlinien“ bezeichnet, mag als Grundlage dienen. Danach wurden folgende technische Daten als kennzeichnend empfohlen:

Fluggewicht	$G = 350 \text{ kg}$
Flächenbelastung	$G/F = 20 \text{ kp/m}^2$
Motorleistung	$N = 20 \text{ PS}$

Dazu kommen noch Mindestforderungen bezüglich der Flugleistungen mit und ohne Motor, bezüglich der sicheren Lastvielfachen für das Abfangen usw. Es wurden zwei nicht näher definierte Beanspruchungsgruppen angenommen, die man aber unschwer den Motorgleitern einerseits und den Motorseglern und motorisierten Segelflugzeugen andererseits zuordnen kann. Die für diese beiden Gruppen vorgeschlagenen sicheren Lastvielfachen lagen mit  $n_a = 3,5$  bzw.  $4,5$  jeweils um  $0,5$  über den für motorlose Flugzeuge gültigen Werten. Weitere Erörterungen dieser „Richtlinien“ müssen an dieser Stelle unterbleiben, vielmehr sollten Fachkommissionen diese Dinge prüfen und gemäß dem Stande der Technik überarbeiten, damit wir zu verbindlichen Vorschriften kommen. Einige Forderungen in den „Richtlinien“ können von vornherein als überholt angesehen werden; so lassen

die Beschränkung des Fluggewichtes auf 350 kg und der Motorleistung auf 20 PS für zweisitzige Motorsegler keine Möglichkeiten offen. Es kommt bei dieser Kategorie doch zuerst einmal auf die grundsätzlich kennzeichnende Eigenschaft der geringen Sinkgeschwindigkeit bei nicht laufendem Triebwerk an, und deshalb sollte man das Fluggewicht, die Flächenbelastung und die Motorleistung nicht unnötig einschränken. So ist beispielsweise eine geringe Leistungsbelastung zur Erzielung kurzer Startwege und hoher Reisegeschwindigkeiten wünschenswert. Natürlich muß das in vernünftigen Grenzen bleiben zugunsten der Flächenbelastungen, die das Ausfliegen von engen Thermikschläuchen bei kleinen Geschwindigkeiten gestatten. Dies sind aber Fragen, die dem Konstrukteur überlassen bleiben sollten.

Die Zusammenstellung der technischen Daten auf S. 86 berücksichtigt die verschiedenen Ansprüche, die man an die im vorhergehenden Abschnitt genannten Unterkategorien stellen sollte. Sie enthält zum Vergleich auch die alten „Richtlinien“. Eingeklammerte Werte zeigen, daß es sich lediglich um Empfehlungen handelt. Durch einen waagerechten Strich ausgefüllte Kästchen bedeuten, daß diese Werte vom Konstrukteur frei zu wählen sind.

## **Technische Einzelheiten**

### *Zelle*

Bis auf wenige Ausnahmen sind die Zellen bisher in reinem Holzbau hergestellt worden, ganz besonders jedoch die Tragflügel und Leitwerke. Bei den Rümpfen findet man mitunter Stahlrohrkonstruktionen. Das ist nicht nur wegen des Motoreinbaus eine zweckmäßige Lösung, sondern auch hinsichtlich leichter Zugänglichkeit bei Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie hinsichtlich der Lebensdauer. Dagegen können Holzrümpfe mit rundem Querschnitt bei sorgfältiger Herstellung aerodynamisch günstiger geformt werden. Dieser Gesichtspunkt wird aber nur bei wirklichen Motorseglern von Bedeutung sein, während bei Motorgleitern zur billigeren Herstellung der kantige Rumpfquerschnitt wohl stets seine Bedeutung behält. Ob Holz- oder Metallbauweise, ist zumeist eine Frage der Wirtschaftlichkeit. Die Einrichtung des Pilotenraumes soll für längere Flüge auf bequemen Sitz sowie auf gute Zugänglichkeit aller Bedienungsgriffe und Übersichtlichkeit der Instrumente, ferner auf sehr gute Sicht, gute Ein- und Ausstiegsverhältnisse und möglichst geringe Belästigung der Insassen durch das Triebwerk

*Angaben über frühere und Vorschläge für künftige technische Daten von Motorseglern.*

Kategorie bzw. Unterkategorie	Motorsegler gem. Richtlinien	Motorsegler		Motorisierte Segelflugzeuge		Motorgleiter	Motorisierte Gleitflugzeuge	
Zahl der Sitzplätze	—	1	2	1	2	1	1	2
Zahl der Motoren	1	1	—	1	—	1	1	1
Start mit eigener Kraft?	ja	ja	ja	(ja)	(ja)	ja	nein	nein
Max. Fluggewicht kg	$\leq 850$	(400)	(600)	(400)	(600)	(300)	(275)	(450)
Flächenbelastung $kp/m^2$	$\leq 20$	—	—	—	—	—	—	—
Startstrecke bei Windstille m	$\leq 150$	150	150	(200)	(200)	150	entfällt	
Beste Steiggeschw. in Bodenhöhe bei $G = \max. G$ m/s	$\geq 1,0$	1,5	1,5	(1,5)	(1,5)	1,5	—	—
Kleinste Sinkgeschw. bei abgest. Triebwerk und $G = \max G$ m/s	$\leq 1,6$	0,8	0,8	1,2	1,2	1,5	(1,5)	(1,5)
Beste Gleitzahl bei abgest. Triebwerk	$\geq 15$	(20)	(20)	(16)	(16)	(12)	—	—
Fluggeschw. bei kleinster Sinkgeschw. und $G = \max G$ km/h	—	$\leq 65$	65	65	65	—	—	—
Sich. Lastvielfaches beim Abfangen mit $G = \max G$ -	3,5/4,5	4,5	4,0	4,0	4,0	3,5	3,0	3,0
Sicherheitszahl gegen Bruch -	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0	2,0

Natürlich bedarf es in endgültigen Vorschriften für Motorsegler noch vieler weiterer Einzelangaben über Lastannahmen, Flugleistungen, -eigenschaften usw. Hierbei sollte man beachten, daß Motorsegler keine Motorflugzeuge im konventionellen Sinne sind und daß sie vor allem leicht sein müssen, wenn sie ihren Verwendungszweck erfüllen sollen.

zugeschnitten sein. Abgesehen von den Motorgleitern wird man wohl stets die geschlossene Kabine bevorzugen. An zusätzlichen Geräten für die Triebwerksbedienung und -überwachung genügen für bescheidene Ansprüche: Gas- und Zündhebel, Zündschalter, Brandhahn, Feuerlöscher, Drehzahlmesser sowie bei Motorseglern Handanlasser und gegebenenfalls Betätigungsgriffe für das Einklappen des Triebwerkes in das Zelleninnere.

Bei neueren zweisitzigen Motorseglern wird auf Grund der starken Motoren der elektrische Anlasser bevorzugt. Bis auf die Motorgleiter, bei denen die Einfachheit der wichtigste Gesichtspunkt ist, ist dem Luftwiderstand des Fahrwerkes große Bedeutung beizumessen. Die einfachste Lösung ist ein im Rumpf angeordnetes und möglichst gefedertes Zentralrad in Verbindung mit hinterem Schleifsporn oder vorderem Bugrad. Bei diesen einspurigen Ausführungen braucht man für den Start einen Helfer oder aber außen an den Flügeln klappbare Stützen. Zwei- und dreispurige Fahrwerke ergeben sicheren Stand am Boden, sind aber ziemlich schwer. Radbremsen sind bei Außenlandungen sehr angebracht. Der statische Aufbau des Tragwerkes weicht kaum von dem der entsprechenden motorlosen Ausführung ab. Für Segler und motorisierte Segelflugzeuge kommt am häufigsten der freitragende Schulter- oder Mitteldecker vor, während beim Motorgleiter die abgestrebte Schulter- oder Hochdeckerbauweise vorherrscht. Motorisierte Schulgleiter können sogar ganz gut als Doppeldecker oder als verspannte Eindecker gebaut werden, da bei ihrer kleinen Geschwindigkeit der Luftwiderstand der Streben und Drähte eine geringe Rolle spielt. Dafür spart man gegenüber freitragenden Konstruktionen ansehnlich an Gewicht, und das ist für den Leistungsbedarf die entscheidende Größe.

### *Triebwerk*

In ähnlicher Weise wie Motorsegler von der Flugzeugindustrie nie für „voll“ angesehen wurden, hat sich auch der Motorenbau nur wenig um die Schaffung geeigneter Kleinstmotoren bemüht. Mit den Motoren steht und fällt aber die Motorsegelei, und das ist der zweite Grund dafür, daß die bisher gezeigten Erfolge gering waren oder gute Leistungen doch selten blieben. Kradmotoren, die vielfach zum Einbau gelangten, können kaum als brauchbare Flugmotore gelten, und auch die wenigen Spezialmotoren der 20-PS-Klasse, die bisher gebaut worden sind, haben selten voll befriedigt. Aus Gründen der möglichst billigen Herstellung hat man meist Zweizylinder-

motoren entwickelt, die stets durch schlechten Massenausgleich, oft durch schlechtes Anspringen und – ohne Untersetzungsgetriebe – durch schlechte Propellerwirkungsgrade gekennzeichnet sind.

### *Triebwerks-Bauarten*

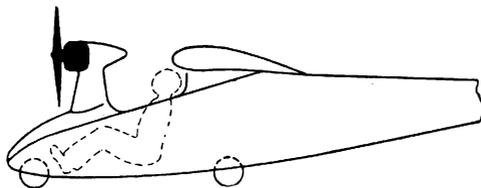
Für kleine Leistungen bis 20 oder 25 PS kann der Zweitaktmotor wegen seiner Einfachheit und Robustheit als zweckmäßig gelten. Der höhere spezifische Brennstoffverbrauch ist für den vorliegenden Verwendungszweck nicht entscheidend, da der Gesamtverbrauch auf einem Fluge ohnehin gering ist. Bei größeren Einheiten, wie sie für neuere zweiseitzige Motorsegler Verwendung finden, werden Viertaktmotoren mit meist 4 Zylindern in Reihen- und Boxeranordnung bevorzugt. Luftkühlung herrscht bei allen Leistungsklassen vor. In Frankreich werden bereits kleine Strahltriebwerke eingebaut. Ob das für Motorsegler der richtige Weg ist, muß die Zukunft zeigen. Vorläufig sieht es nicht so aus, da bei den relativ kleinen Fluggeschwindigkeiten Wirkungsgrade und Verbrauchszahlen recht ungünstig sein müssen. Auch das Anlassen während des Fluges dürfte schwierig sein. Diese französischen Maschinen (Fouga) sind zwar aus Segelflugzeugen entwickelt, werden aber bei der großen Schubkraft ihrer Turbinen (110 kp) wohl eher als Strahltrainer Verwendung finden. Die weiteren Ausführungen erstrecken sich deshalb auf Kolbentriebwerke.

An einen brauchbaren Kleinflugmotor muß man fast ebenso hohe Anforderungen stellen wie an größere Motoren. Für Motorsegler sollte eine robuste, narrensichere Ausführung und der Betrieb mit normalem Tankstellenbenzin gefordert werden. Besonders wichtig ist es auch, daß ein solcher Motor prompt anspringt und daß er auf längere Zeit mindestens 80 v. H. seiner Nennleistung hergibt. Die Leistungsgewichte so kleiner Einheiten liegen erfahrungsgemäß höher als bei mittleren und großen Motoren, so daß man, wie auch bei Fahrzeugmotoren, hohe Kurbelwellendrehzahlen zulassen muß, die zu guten Literleistungen führen. Damit wird auf jeden Fall eine untersetzte Luftschraubenwelle erforderlich. Das Getriebe sowie die zusätzliche Schwungradnase auf der Kurbelwelle, die wegen der kleinen Zylinderzahl notwendig ist, gehen zwar ins Gewicht und in die Herstellungskosten ein, machen sich jedoch durch besseren Wirkungsgrad bezahlt. Bei Fernantrieb kann das Getriebe auch getrennt vom Motor untergebracht werden. Die Idealausführung für die kleinste Leistungsklasse scheint ein 3-Zylinder-Zweitakt-Reihenmotor von etwa 500 cm<sup>3</sup> Hub-

volumen mit Zwangsluftkühlung, einer Betriebsdrehzahl von etwa 4000 U/min und einer im Verhältnis 1 : 3 unersetzten Propellerwelle zu sein. Man erzielt damit bei gutem Massenausgleich, leichtem Durchdrehen und hoher Gleichförmigkeit des Drehmomentes eine sehr kleine Stirnfläche und eine Dauerleistung von reichlich 20 PS. Auf eine doppelte Zündungsanlage wird man bei so kleinen Motoren verzichten können.

### *Triebwerksanordnung*

Die im sonstigen Leichtflugzeugbau übliche Standardanordnung des Motors in der Rumpfnase ist bei Motorseglern selten. Das weit vor dem Flugzeugschwerpunkt liegende Triebwerksgewicht macht bei einer segelflugzeugartigen Gesamtanordnung mitunter ein Ausgleichsgewicht am Rumpfeende erforderlich, wodurch die unerwünschte Last noch größer wird. Starre Zugschrauben, die in solchen Fällen bisher verwendet wurden, ergeben den Nachteil, daß sie bei stillgesetztem Motor einen großen Luftwiderstand erzeugen. Faltpropeller kann man hier nicht anwenden, und Verstellerschrauben so kleiner Abmessungen sind noch nicht ausgeführt worden. Die Anordnung nach Abb. 22, wo das Triebwerk über der Rumpfnase liegt, ist wegen der vergrößerten Stirnfläche und der schlechten Sicht auch nicht ideal. Das kopflastige Moment des Triebwerks ist jedoch geringer und der Wirkungsgrad der sehr kleinen Schraube etwas besser, da der Luftstrom nach hinten abfließen kann.



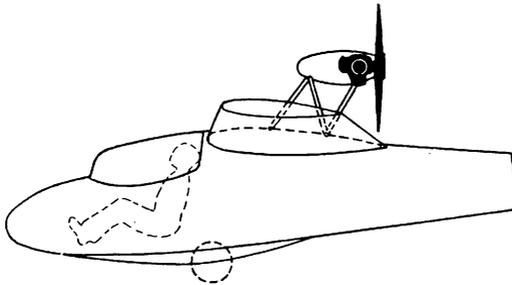
*Abb. 22: Triebwerk über Rumpfbug – Motorsegler „Max“ von Martens, 1924*

Einige Konstrukteure, die bei ihren Flugzeugen das wahlweise Fliegen mit oder ohne Triebwerk erstreben, haben dieses über dem Flugzeugschwerpunkt angeordnet (Abb. 23 und 24), vermeiden damit Schwerpunktsverschiebungen und erzielen guten Strahlwirkungsgrad auch bei kleinen

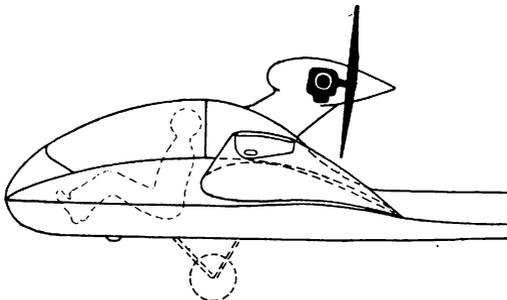
Schraubendurchmessern. Sie müssen aber den Nachteil erhöhten Luftwiderstandes beim Segeln in Kauf nehmen. Die Verwendung von Faltschrauben wäre hier recht lohnend.

Häufig ist das Triebwerk hinter dem Tragflügel angeordnet. Die nun schwanzlastigen Gewichtsmomente des Triebwerks sind zwar gering, erlauben aber kein Fliegen bei ausgebautem Motor. In Abb. 25 und 26 sind solche Ausführungen an einem Motorgleiter und einem motorisierten Segelflugzeug zu sehen.

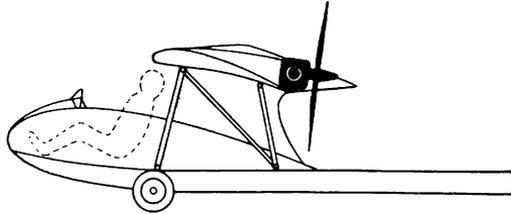
Die bisher beschriebenen Triebwerksanordnungen haben das eine gemeinsam, daß der Propeller mit dem Motor eine Einheit bildet. Dieser bauliche Vorteil hat jedoch, wie wir sahen, auch stets gewisse Nachteile. Aus



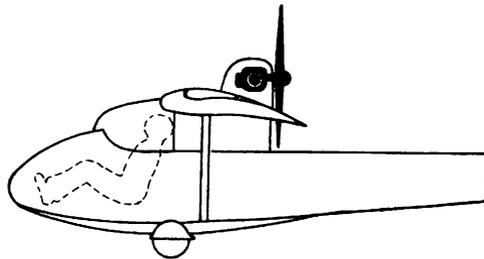
*Abb. 23: Abnehmbares Triebwerk über Tragflügel – „Motor Condor“  
von Dittmar und Riedel, etwa 1937*



*Abb. 24: Abnehmbares Triebwerk über Tragflügel – „La 16“  
der Technischen Hochschule Dresden, 1935*



*Abb. 25: Triebwerk hinterm Tragflügel – Motorgleiter „MOTORAß“  
von Berger und Böhme, etwa 1935*



*Abb. 26: Triebwerk hinter und über dem Tragflügel – „MOTORBABY“  
von Schneider-Grünau, etwa 1935*

diesen Gründen hat man verhältnismäßig häufig den Motor nahe dem Flugzeugschwerpunkt in den Rumpf oder den Flügel gelegt, während die Schraube, durch geeignete Übertragungselemente angetrieben, an beliebigen Stellen angeordnet werden kann. Einen der ersten Motorsegler stellt Abb. 27 dar. Eine lange Rohrwelle, die über den Piloten hinwegführte, trieb eine über der Rumpfnase liegende Zugschraube an. Die Lösung ist zwar einfach, erschwert aber das Aus- und Einsteigen.

Wesentlich besser ist in dieser Hinsicht die Verwendung einer Druckschraube. Eine sehr elegante Lösung erzielte Hans Wünscher bei seinem an der früheren Ingenieurakademie Chemnitz entwickelten „C 10“ (siehe Abb. 28). Ein im Oberteil des Stahlrohr-Rumpfbootes eingebauter, mit seinen Zylinderköpfen in die Flügelwurzeln hineinragender und durch kurze Luftkanäle gekühlter 18-PS-Kroeber-Motor trieb über mehrere Gummiriemen eine hinter dem Flügel befindliche und auf dem Leitwerks-

trägerrohr umlaufende Druckschraube an. Ihre beiden Blätter konnten bei abgestelltem Motor nach hinten in eine umlaufende Verkleidung einklappen und für den Kraftflug durch Fliehkraft selbsttätig herausschwenken. Das Anlassen des Motors erfolgte durch einen Handgriff, der über einen Bowdenzug den Kickstarter betätigt.

Bei dem zweisitzigen Motorgleiter „La 17“ (Abb. 29) der Technischen Hochschule Dresden erfolgt der Antrieb der starren Druckschraube durch eine Kardan-Rohrwellen, die gegenüber der Kurbelwelle des 15 PS leistenden BK-350-Kradmotors im Verhältnis 1 : 3,84 untersetzt ist. Die Lage des Motors im Strak der Flügelnase gewährleistet gute Zugänglichkeit, ausreichende Kühlung bei geringem zusätzlichen Luftwiderstand und keine nennenswerte Lastigkeitsänderung bei ausgebautem Triebwerksaggregat. Auf die Verwendung von faltbaren Propellerblättern wurde verzichtet, da das Flugzeug nicht mit abgestelltem Motor segeln kann.

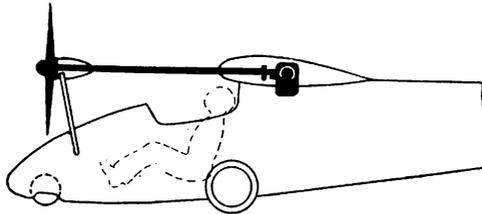


Abb. 27: Propeller über Rumpfbug - „Roter Vogel“ von Bäumer, 1924

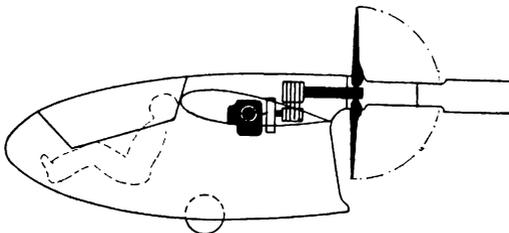


Abb. 28: Faltbarer Propeller hinter Tragflügel - „C 10“ der Flugtechnischen Arbeitsgemeinschaft Chemnitz, etwa 1941

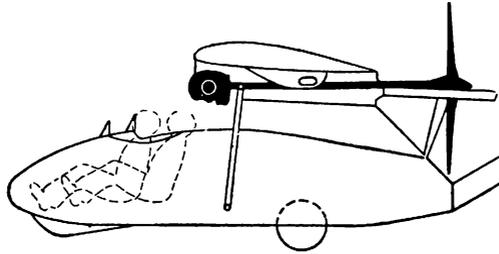


Abb. 29: Propeller hinter Tragflügel – Zweisitzer-Motorgleiter „La 17“  
der Technischen Hochschule Dresden, 1957

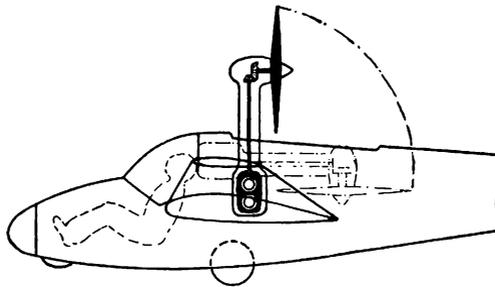


Abb. 30: Propeller über Rumpf – „Hi 20“ von Wolf Hirth, 1941

Abb. 30 zeigt den Motorsegler „Hi 20“ von Wolf Hirth. Triebwerksseitig stellt die „Hi 20“ wohl die bisher eleganteste und konstruktiv am weitesten durchgearbeitete Lösung des Motorseglerproblems dar. Ein speziell für diesen Zweck von Krautter entwickelter luftgekühlter 4-Zylinder-Zweitaktmotor in Boxerbauart, der bei 500 cm<sup>3</sup> Hubvolumen und 20,5 kg Gewicht 25 PS leistet, war mit einer vertikalen Welle und einem Kegelräderpaar, das die Schraubendrehzahl herabsetzte, zu einem Aggregat vereinigt. Das ganze Gebilde samt dem in aufrechter Lage fixierbaren Propeller konnte um seinen Schwerpunkt nach hinten gekippt und so dem Luftstrom entzogen werden. Zum Anlassen wurde vom Flugzeugführer zuerst eine starke Gummifeder vorgespannt, welche den Motor anriß, sobald er beim Ausschwenken in seiner Endlage eingerastet war. Beim Ausschwenken wurden

automatisch der Brennstoffhahn und die Kühlluftkanäle geöffnet sowie die Zündung eingeschaltet. Aufnahme und Beendigung des Kraftfluges waren also mit wenigen Handgriffen zu bewerkstelligen.

Bei der „RW 3“ hat der Konstrukteur Fischer das Widerstandsproblem der ruhenden Luftschraube so gelöst, daß er sie in einem Spalt der Seitenflosse unterbrachte und dort in senkrechter Stellung arretierte (Abb. 31).

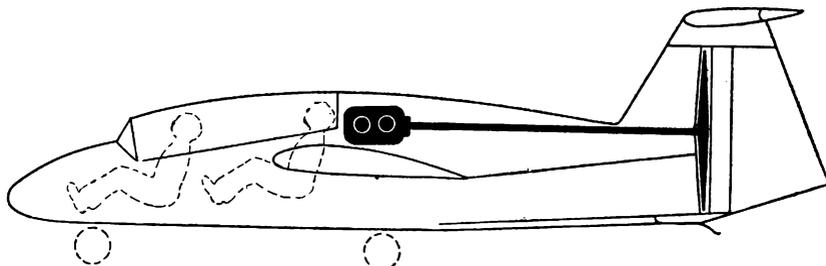


Abb. 31: Propeller in Seitenflosse – Zweisitzer-Motorsegler „RW 3“ von Fischer, 1956

Der Antrieb erfolgt bei der Normalausführung von einem 55-PS-Porsche-Motor über eine lange Welle mit hoher Drehzahl. Der Brennstoffverbrauch wird vom Hersteller mit 12 l/h bei einer Reisegeschwindigkeit von 155 km/h angegeben. Das entspräche einem Verbrauch je Person von rund 4 l auf 100 km Strecke bei Windstille. Der Motor, der im Inneren des mit Kunststoffplatten abgedeckten Stahlrohrumpfes leicht zugänglich untergebracht ist, wird nach der Art der Automotoren elektrisch angelassen und ist damit stets startbereit.

## Ausblick

Die Neubelebung des Motorsegel- und Motorgleitflugwesens wäre eine Aufgabe, deren man sich gerade heute ernsthaft annehmen sollte. Daß unsere Segelflieger derartige Flugzeuge begrüßen würden, steht wohl außer Frage. Der mengenmäßige Bedarf wäre derartig, daß sich eine industriemäßige Produktion lohnen würde. Die Entwicklung der Zellen stellt kein ernsthaftes Problem dar, jedoch sollten sich unsere Konstrukteure mit den für den praktischen Flugbetrieb maßgebenden Kreisen über die vordringlichen Ziele, über die zu fordernden Leistungen usw. beraten. Eine weise Beschränkung auf wenige, aber typische Muster ist schon im Hinblick auf

eine nicht zu hohe Zahl von neu zu entwickelnden Motorbauarten notwendig. Diese Motoren müssen in Leistung, Gewicht, Drehzahl, Zylinderanordnung, Luftschraubenantrieb (direkt, festes Getriebe oder Fernantrieb, Zug- oder Druckpropeller) und in vielen anderen Fragen auf die Zellenkonzeption abgestimmt werden. Wenn alle diese Fragen sorgfältig geklärt sind, dann dürfte es beim derzeitigen Stande der Motorentechnik nicht so schwierig sein, wirklich brauchbare Kleinstmotoren für Motorsegler zu schaffen. Eine längere Entwicklungs- und Erprobungszeit muß natürlich – wie bei jeder Neuentwicklung – vorgesehen werden.

Es steht außer Zweifel, daß gerade in der Deutschen Demokratischen Republik – dank der umfassenden Förderung von Flugsport und Luftfahrtentwicklung – schon in verhältnismäßig kurzer Zeit ein entscheidender Fortschritt bei der Entwicklung derartiger Flugzeuge erreicht werden kann. Sind dann die ersten Typen erprobt, so wird es Aufgabe eines möglichst großen Kreises bewährter Piloten unserer Gesellschaft für Sport und Technik sein, das neuartige Fluggerät „auf Herz und Nieren“ zu prüfen. Eine derartige Breitereprobung, die nicht zuletzt auch auf Fragen der Rentabilität und der allgemeinen Verwendungsmöglichkeit Auskunft geben muß, kann erst endgültig den Schlußstrich unter dieses hier kurz umrissene Kapitel ziehen.

# Start- und Bodengeräte

Von GERD SALZMANN

Solange der Segelflugsport besteht, gibt es Startgeräte und andere Hilfsmittel, die entweder den Start eines Segelflugzeuges überhaupt erst ermöglichen oder den Segelflugbetrieb erleichtern. Es ist erklärlich, daß im gleichen Maße wie die Flugzeuge vervollkommnet wurden, auch die Bodenorganisation verbessert werden mußte. So begann mit dem Startseil und dem Startkarren nach dem ersten Weltkrieg diese Entwicklung. Mit der Einführung des Auto- und Windenschleppstarts, mit der Konstruktion von Schleppwinden also, nahm sie Anfang der dreißiger Jahre ihren Fortgang und ermöglichte den Segelflug im ebenen Gelände. Die heutigen Streckenflüge unserer Segelflieger, der Flugbetrieb mit zehn und mehr Flugzeugen an einem Platz wären undenkbar, wenn nicht Winden und Schleppflugzeuge im Einsatz wären, Kraftwagen mit Transportanhängern die Landstraßen befahren würden und vielfältiges Bodengerät herangezogen werden könnte. In den folgenden Abschnitten sollen die wichtigsten Start- und Bodengeräte kurz erläutert werden, um auch dem Neuling im Segelflug einen gewissen Überblick zu geben.

## *Die Startwinden*

Bereits vor über zwanzig Jahren wurden Startwinden eingeführt. Ursprünglich waren sie als Notmaßnahme gedacht, da den Segelfluggruppen der damaligen Zeit ein geeigneter Platz zum Autoschlepp nur selten zur Verfügung stand. Es waren zunächst Autos, die man mit wenigen Handgriffen in Schleppwinden umwandeln konnte. Solche „selbstfahrende“ Winde hatte den Vorteil, daß sie als Kraftfahrzeug und auch als Winde eingesetzt werden konnte. Eine der bekanntesten Winden dieser Art, die heute noch bei kleineren Gruppen im Ausland gewisse Bedeutung hat, soll kurz erläutert werden.

Zumeist wird hierbei ein PKW mit ausreichender Motorleistung in Fahrtrichtung zum Segelflugzeug aufgestellt. Durch Aufbocken eines Hinterrades und Auswechseln des Rades gegen eine Seiltrommel wird dieser Wagen schnell zur behelfsmäßigen Winde.

Das Schleppseil wird, durch eine am vorderen Kotflügel angebrachte Rollen-seilführung mit Kappvorrichtung geleitet, auf die Seiltrommel aufgespult. Erleichterungen schafft man sich dadurch, daß eine von Hand zu bedie-

nende Spulvorrichtung unmittelbar vor der Seiltrommel angebracht wird. Das Schleppen mit Handgas ist gegenüber der Bedienung eines Gaspedals von Vorteil, da das Fingerspitzengefühl ruckweises Schleppen ausschaltet. Ein Nachteil dieser Winde besteht in der übermäßigen Beanspruchung des Differentials, denn nur eine Hinterachswelle wird angetrieben und der Verschleiß der Kegelräder des Differentials ist dementsprechend groß. Das kann selbst durch die beste Ölschmierung nicht verhindert werden.

Die Nachteile dieser und ähnlicher Behelfskonstruktionen werden durch die sogenannten „Anhänger-Winden“ vermieden. Auf Schulen und überall da, wo ausschließlich Windenschleppbetrieb durchgeführt wird, werden zweckmäßig Anhängerwinden verwendet. Die beiden bekanntesten Systeme sind die in Längsrichtung schleppende Winde und die Querschleppwinde, mit der man also quer zur Längsachse der Winde schleppt. Das wesentliche Merkmal der erstgenannten Winde ist ihre absolute Standfestigkeit, da sie im betriebsfertigen Zustand meist mit ihrem gesamten Rahmen auf dem Boden aufliegt. Kupplung und Gas werden, genau wie bei einem Kraftwagen, durch Fußhebel betätigt, während die Trommelbremse von Hand bedient wird. Das Schleppseil, das durch einen an der Stirnseite befindlichen Rollenkasten läuft, wird durch eine im Ölbad laufende Spulvorrichtung am Überschlagen auf der Seiltrommel gehindert. Das Aufbocken der Schleppwinde geschieht mittels einer Zahnstangen-Handwinde innerhalb weniger Minuten, wobei die einzeln gelagerten Transporträder hochgeklappt werden. Das Abrüsten geschieht sinngemäß.

Bei der Querschleppwinde, die neuerdings auch vielfach auf LKW aufgebaut wird, sitzt der Windenfahrer entsprechend der Schlepprichtung quer zur Längsachse. Kupplungs- und Gashebel werden bei dieser Winde, in der meist 6–8-Zylindermotoren zum Einbau kommen, von Hand betätigt. Das Schleppseil wird durch einen Rollenkasten mit dicht dahinterliegender, automatisch arbeitender Spulvorrichtung geführt und auf eine durch Fußhebel gebremste Seiltrommel aufgespult. Das Auf- und Abbocken geschieht ebenfalls mittels Zahnstangenwinde. Jedoch ruht diese Winde meist auf vier Füßen, die am Windenrahmen angebracht sind. Beiden Winden gemeinsam ist die von Hand zu betätigende Kappvorrichtung, die, mit einem Kappgewicht versehen, wie eine Bleischere arbeitet.

Die Sicherheit eines reibungslosen Flugbetriebes hängt von der einwandfreien Beschaffenheit der Schleppwinde ab. Deshalb soll auch der zum Einbau kommende Motor eine Leistung von 80–140 PS haben. Unter Berücksichtigung der Reibungsverluste, die innerhalb der Winde zwischen

Antriebsmotor und Seiltrommel entstehen, ist für den Einsitzer-Schlepp (bis 350 kg Fluggewicht) ein Motor von 80–90 PS heute die Mindestforderung, um auch für ungünstige Situationen eine entsprechende Leistungsreserve zu haben. Für Doppelsitzer-Schlepp besteht ein entsprechend höherer Leistungsbedarf. Diesen Anforderungen wird die bei uns betriebsfertig gelieferte Schleppwinde durchaus gerecht, die in Tausenden von Schlepps ihre Betriebssicherheit bewiesen hat.

Die ständige Überwachung des Schleppgerätes ist durch die Windenfahrer gewährleistet. Zur Kontrolle wird ein Windenbetriebsbuch geführt, in das die Startzahl, Betriebsdauer, aufgetretene Störungen sowie ihre Behebung ständig eingetragen und durch Unterschrift bestätigt werden. Besondere Beachtung wird der Kappvorrichtung geschenkt, denn ein Nicht-Funktionieren kann den Piloten der geschleppten Maschine in höchste Gefahr bringen. Vor jedem Flugbetrieb wird daher eine Kapp-Prob e in der Art vorgenommen, daß die dreifache Seilstärke gekappt wird. Das Kappmesser darf dabei nicht beschädigt werden. Ist dies nicht der Fall oder wurde die dreifache Seilstärke nicht durchschnitten, so wird das Messer ausgewechselt.

Unsere heutigen Winden sind Schleppgeräte, die allen Ansprüchen der Windenschleppschulung gerecht werden. Sie zeichnen sich durch ihre große Standfestigkeit aus, die bei allen Betriebsverhältnissen und allen Seilwinkeln gesichert ist, durch ihre gute Seilführung mittels Rollen und abgedeckter Spulvorrichtung und nicht zuletzt durch leistungsmäßig gute Motoren. Diese Winden tragen wesentlich dazu bei, den Segelflugsport auch auf dem flachen Lande heimisch werden zu lassen.

Erwähnenswert ist hier noch, daß man beispielsweise in der CSR mit der „Herkules III“ eine selbstfahrende Winde entwickelt hat, die aus dem stationären Typ hervorgegangen ist.

### *Das Schleppseil*

In Zusammenhang mit den Startwinden soll an dieser Stelle noch auf das Schleppseil und besonders auf das Spleißen eingegangen werden. In der Windenschleppschulung kommen drallarme, elastische Drahtseile, meist mit 3,6–5,0 Millimeter Durchmesser zur Verwendung, die in der Regel eine Bruchfestigkeit von 200–220 Kilogramm pro Quadratmillimeter besitzen. Das Verbinden zweier Seilenden, wie es oftmals bei Seilrissen in der Windenschleppschulung nötig ist, erfolgt durch Längsspleiß. Hierfür werden

die beiden zu verbindenden Seilenden in einer Länge von etwa einem halben Meter aufgedreht. Zunächst werden die beiden Seilenden abgemessen und durch je einen Bund markiert, der gleichzeitig die Aufgabe hat, ein weiteres Aufdrehen des Seiles zu verhindern. Sodann werden die einzelnen Seilenden bis zu den Bündeln in einzelne Kardelen (Litzen) aufgedreht.

Der nächste Arbeitsgang ist das Zusammenfügen der beiden Seilenden, wobei man darauf achtet, daß sich die Kardelen des einen Seils mit denen des anderen Seils regelmäßig kreuzen. Es muß also zwischen je zwei Kardelen des einen Seils eine Kardele des anderen Seils zu liegen kommen. Ist die Vorarbeit so weit gediehen, dann werden die Seilenden fest zusammengezogen. Nach Entfernen der Bündel und nochmaligem straffen Zusammenziehen der Seilenden können zum leichteren Arbeiten die beiden Seilenden durch Umwickeln mit weichem Draht zusammengehalten werden. Dann beginnt das Verstecken der Kardelen, wobei jeweils eine Kardele über die nächste hinweg und unter die beiden nächsten Kardelen hindurchgeführt wird. Man benötigt dazu Spleißnadeln und – zum wiederholten Straffziehen der Kardelen – Kombizangen.

Sind alle sechs Kardelen verstopft, so beginnt man von neuem. Das wird fünfmal fortgesetzt, dann werden vor Beginn jeder neuen Runde zwei Kardelen abgekniffen. Ist das eine Seilende verspleißt, so verfährt man mit dem zweiten Ende in gleicher Weise. Zum Schluß glättet und streckt man den Spleiß durch Klopfen mit einem Holzhammer und kneift die mitunter hervorstehenden kleinen Drähte mit einem Seitenschneider ab, um Handverletzungen zu vermeiden. Die durchschnittliche Dauer eines Längsspleißes kann man wohl mit 30 Minuten ansetzen.

### *Der Seilfallschirm*

Um das Schleppseil zu schonen, geht man heute überwiegend zur Verwendung von Seilfallschirmen über. Die Fallgeschwindigkeit des ausgeklinkten Seiles und damit sein Aufschlag auf den Erdboden wird dabei stark vermindert und das Abfallen des Seiles wird für den Windenfahrer und den Seilrückholer besser kenntlich gemacht. Diese vielen Vorteile gelten natürlich nur für den Hochstart mit Segelflugzeugen. Für die geringeren Flughöhen bis einschließlich derjenigen für „Richtungsänderungen“ muß der Fallschirm vom Schleppseil abgehängt werden. Zu diesem Zweck werden 3-kardelige Drahtschlaufen in das Schleppseil eingespleißt, deren Abstand etwas größer ist als die Länge des zusammengefaßten Seilschirmes. An den

beiden Enden der Fangleinen des Schirmes werden Karabinerhaken angebracht, die schnell und sicher in die Drahtschlaufen am Seil eingeklinkt werden können.

Das Abhängen des Seilschirmes bei geringen Schlepphöhen hat zwei Vorteile: Der Schüler kann nicht durch etwaiges Öffnen des Schirmes an der Sicht behindert werden, zum anderen wird der Schirm vor langem Rutschen am Boden und damit vor Beschädigung bewahrt.

### *Die Schleppflugzeuge*

Für den Start zu Leistungssegelflügen sowie für den Rücktransport bei Wettbewerben ist der Einsatz von Schleppflugzeugen unerlässlich. Der früher gebräuchliche Gestängeschlepp, bei dem ein besonderes Schleppgestänge auf dem schleppenden Motorflugzeug montiert wurde, ist ganz in Fortfall gekommen. Es wird nur noch nach der Schwanzsporn-Methode geschleppt, bei der das Schleppseil am Sporn des Motorflugzeuges angreift. Die Motorleistung der Schleppflugzeuge liegt heute allgemein zwischen 100 und 160 PS. Geringere Motorleistungen schränken den Typenkreis der zu schleppenden Segelflugzeuge zu stark ein.

### *Das Gummistartseil*

Überall dort, wo Berge den Start von Segelflugzeugen erlauben, ist noch heute die klassische Startart, der Start mit dem Gummiseil, gebräuchlich. Ein Gummiseil, das aus 600 – 1200 einzelnen Gummisträngen besteht, trägt in seiner Mitte bei einer Länge von 30 – 40 Metern eine Kausche mit Ring. Dieser Ring wird in den nach unten offenen Starthaken des Segelflugzeuges eingehängt. Anfänger sind oftmals vergeblich bemüht, diesen Ring in die Schleppkupplung des Seglers einzuklinken. Die Gummistränge des Seils sind in ihrer Gesamtheit mit einem Jute-Baumwollgespinnst umhüllt, das Knotenbilden verhindert und das Seil vor Beschädigung schützt. Vor jedem Flugbetrieb muß das Gummiseil gewachst werden. Schon von der Fabrik werden die Gummiseile mit Startseilverlängerungen geliefert, die an beiden Enden angebracht sind. Wo dies nicht der Fall ist, werden die Hanfseilverlängerungen, die zweckmäßig mit Knoten zum Festhalten versehen werden, nachträglich angebracht.

Das Gummistartseil ist im übrigen möglichst vor Nagelstiefeln und Flugzeugkufen zu schützen und soll auch nicht als Zugseil für Möbelwagen verwendet werden.

### *Das Seilrückholegerät*

In der Windenschleppschiulung wird, wenn irgend möglich, die zeitraubende Arbeit des Seilrückholens von Hand durch den Einsatz von Seilrückholegerät erspart.

### *Das Seilrückholekrad*

Stark verbreitet ist die Methode des Seilrückholens mit dem Motorrad. Diese Methode ist nur bei ebenem Flugplatz und Einsatz eines Krafrades von ausreichender Leistung zu befürworten. Nur bei günstigen Bodenverhältnissen und möglichst wechselweisem Einsatz zweier Maschinen ist der Einsatz schwachmotoriger Maschinen zu verantworten, da sonst Ketten und Getriebe zu hohen Dauerbelastungen unterliegen. Das Rückholen im zweiten Gang muß mindestens gewährleistet sein. Der Verwendung schwerer Maschinen (500er) ist in jedem Fall der Vorzug zu geben. Bei Verwendung von Solomaschinen sollten nur geübte Fahrer schleppen, da das in Schwingung geratene Schleppseil leicht den Schlepper umwirft. Bei Benutzung von Gespannen besteht die Gefahr des Umwerfens nicht, jedoch der Nachteil, daß neben dem Windenseil noch der Seitenwagen vom Motor geschleppt werden muß. Auf jeden Fall empfiehlt sich der Anbau eines Schleppgestänges am Hinterrad. Das Seil greift dann etwa in Höhe des Schwerpunktes an und sein Ein- bzw. Abhängen geht schnell vonstatten.

### *Der Seilrückholewagen*

Der Einsatz eines Kraftwagens zum Seilrückholen ist in jedem Fall dem eines Motorrades vorzuziehen. Die höhere Lebensdauer auf Grund der geringen Belastung macht den höheren Benzinverbrauch wett. Bei der Auswahl des Fahrzeuges wird man stets auf leichte, aber robuste Typen zurückgreifen. Solange der Wagen zum Seiltransport benutzt wird, sollten die Türen zur Schonung ausgehängt werden. Das Anhängen des Schleppseils mit einer aus einer Drahtschlinge bestehenden Sollbruchstelle an einem angeschweißten offenen Haken ist betriebssicherer als die Verwendung von angebauten Schleppkupplungen.

### *Die Seilrückholewinde*

In der DDR sind die Voraussetzungen dafür geschaffen, daß auf allen Windenfluggeländen die Seile mit leicht transportablen kleinen Motorwinden zurückgeholt werden können. Der Vorgang ist folgender: Während

das Schleppseil beim Startvorgang aufgetrommelt wird, läuft ein zweites, an diesem befestigtes, leichteres Seil (bis zu 2 mm Durchmesser) von der Trommel der Rückholewinde ab. Aus Sicherheitsgründen wird die Rückholewinde etwa 20 m seitlich von der Startstelle aufgebaut. Das Rückholeseil greift etwa zehn Meter vor der Rumpfspitze am Schleppseil an. Nach dem Ausklinken wird das „Motörchen“ in Gang gebracht und das Seil zum Startplatz gezogen. Die gelieferten kompletten Seilrückholewinden sind weitgehend betriebs- und unfallsicher.

### *Der Startwagen*

Bei Schulung größerer Fluggruppen und bei stärkerem Flugbetrieb stellt der Startwagen eine nicht zu unterschätzende Erleichterung dar. Hier findet alles mitzunehmende Gerät seine geordnete Unterbringung. Im großen Kasten bringt man Landetücher, Markierungsfähnchen, Werkzeugkasten und zusammengeklappte Krankentrage unter, in den vorderen Fächern dagegen Leuchtpistole mit Munition, Sanitätstasche, Ferngläser, Windmesser und die nun einmal notwendigen Papiere, wie Bordbücher, Hauptflugbuch usw. Ein rot-weiß-roter Anstrich des Startwagens ist unerlässlich.

### *Die Krankentrage*

Um bei eventuell eintretenden Flugunfällen den Transport von Verunglückten zu sichern, ist das Vorhandensein einer Krankentrage am Startplatz Vorschrift. Die im Sanitätsdienst verwendete Trage, die aus zwei segeltuchbespannten Leichtmetallholmen besteht, wird auch im Flugbetrieb eingesetzt. Zu bevorzugen sind zusammenklappbare Tragen, die besser im Startwagen unterzubringen sind. Da im Segelflugbetrieb die Möglichkeit von Rückgratverletzungen besteht, ist für geeignete Bretter, die auf die Trage aufzulegen sind, Sorge zu tragen. Auch diese Bretter können zusammenklappbar sein oder mit Handgriffen versehen werden. Es erübrigt sich dann die Mitnahme einer Krankentrage.

### *Das Sanitätsmaterial*

Für die „Erste Hilfe“ im Flugbetrieb wird entsprechendes Sanitätsmaterial mitgeführt. Die Verwendung von geeigneten Taschen als Behälter ist gegenüber Sanitätskästen immer von Vorteil, da sie nicht so leicht beschädigt werden können und eine günstigere Unterbringung des Sanitätsmaterials ermöglichen. Zur Mindestausrüstung gehören: Dreiecktuch, Elastik- und

Mullbinden verschiedener Breiten, Armschienen, Verbandpäckchen, Verbandwatte und Heftpflaster, ferner Jod, Alkohol, gereinigter Spiritus, Salmiak, Hoffmannstropfen, Baldriantropfen und Herztropfen. Diese Ausrüstung wird durch verschiedene schmerzstillende Tabletten, Schere, Pinzette, Arterienabbinder, Einnehmeglas und Verschlussnadeln vervollständigt.

### *Die Signalmittel*

Verwenden wir abschließend noch einen Blick auf die Signalmittel, die in starkem Maße zu einer unfallsicheren Segelflugschulung beitragen. Es braucht wohl nicht weiter betont zu werden, daß das Hauptaugenmerk des Fluglehrers, aber auch jedes Flugschülers, auf die Einhaltung der Flugsicherheit gerichtet sein muß. Das beginnt bereits beim Startvorgang eines Segelflugzeuges. Dort, wo eine einwandfreie Verständigung zwischen Startstelle und Winde, durch Feldfernsprecher oder Funksprechgerät nicht gegeben ist, gewinnen die Zeichen mit den Winkfahnen erhöhte Bedeutung. Optische Zeichen sind natürlich in jedem Falle unzuverlässiger (Sonnenblendung, Regenschauer) als eine akustische Verständigung. Um diesen Mangel einzuschränken, geht man nach und nach im Windenbetrieb dazu über, statt der Winkfahnen und Winkscheiben Funksprechgeräte zu verwenden. Da sich derartige Geräte wegen ihrer Kostspieligkeit aber nur langsam durchsetzen, seien nachfolgend die noch heute gebräuchlichen Wink- und Blinkzeichen aufgeführt:

<i>Kommando</i>	<i>Winkzeichen</i>	<i>Blinkzeichen</i>
Startklar (Einwinken)	Einmaliges Schwenken der Winkfahne vom Boden über den Kopf zum Boden und zurück	Lange Blinkzeichen Striche - - - - (weiß)
Seil straffen (Abwinken)	Zweimaliges Schwenken der Winkfahne	Dauerlicht (weiß)
Seil straff!	Winkfahne waagrecht	Kurze Blinkzeichen Punkte . . . . . (weiß)
Startfreigabe Flugzeug rutscht	Winkfahne wird nach unten abgeschlagen	Licht aus
Startunterbre- chung	Dauerndes Hin- und Herschwenken der Winkfahne	Kurze Blinkzeichen Punkte . . . . . (rot)

# Bordinstrumente

Von ERICH SPAHN

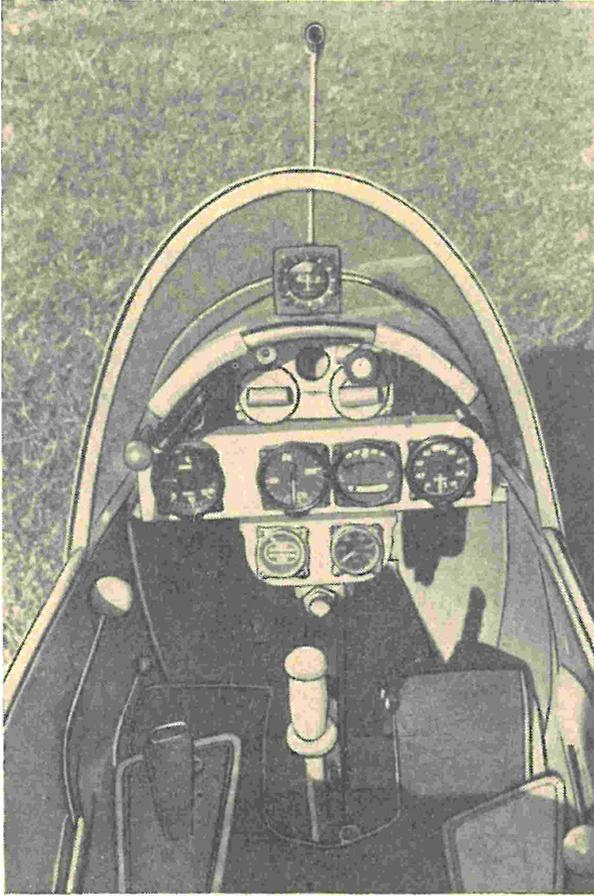
In der Anfangszeit der Fliegerei konnten sich die Piloten noch nicht nach Bordinstrumenten orientieren. Sie mußten alle Werte nach ihren sinnlichen Wahrnehmungen abschätzen. Da die Flughöhen und Geschwindigkeiten damals noch sehr gering waren, war es bei einiger Übung durchaus möglich, diese Werte annähernd richtig zu schätzen.

In der Folge entwickelte sich das Flugwesen recht stürmisch. Die Flugzeuge wurden schneller und leistungsfähiger. Die „Überlandflüge“ begannen, und dazu mußten die Piloten größere Höhen aufsuchen. Es reichte bald nicht mehr aus, nach dem Geräusch der Spanndrähte die Geschwindigkeit einzuschätzen. Noch schwieriger wurde das Schätzen der Flughöhe. Viele Flugzeugführer, die auf dem Standpunkt standen, daß die Kontrolle durch ihre Sinnesorgane ausreichend sei, um Flüge jeder Art und bei jeder Wetterlage durchzuführen, mußten bald einsehen, daß die menschlichen Wahrnehmungen recht unzuverlässige Ratgeber sind. Sie erkannten, daß es bei allen Flügen ohne Sicht unmöglich ist, die Lage des Flugzeuges ohne Instrumente unter Kontrolle zu halten. Diese Erkenntnis führte zur Entwicklung der Bordgeräte. Dabei hatten es die Konstrukteure nicht leicht; denn abgesehen von der Tatsache, daß nur geringe Erfahrungen vorlagen, stellten auch die Flieger ihre Forderungen.

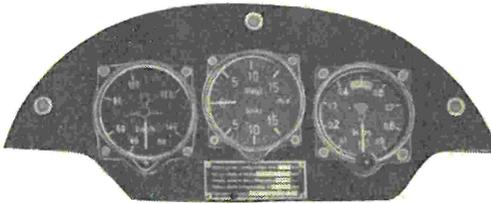
Ein Flugzeuginstrument muß schließlich folgende Eigenschaften besitzen:

1. unbedingt sichere und genaue Anzeige;
2. sinngemäße Anzeige;
3. Unempfindlichkeit und genaue Anzeige bei meteorologischen Einwirkungen (Kälte, Wärme, Regen usw.);
4. Unempfindlichkeit gegenüber Schwingungen des Flugwerkes;
5. leichte, aber haltbare Ausführung;
6. korrosionsbeständiges Material;
7. geringste Fabrikationsfehler;
8. genaue Eichung.

Unsere heutigen Bordinstrumente sind feinmechanische Geräte hoher Präzision, die ihre Betriebssicherheit in jeder Situation bewiesen haben. Treten doch einmal Fehler an den Instrumenten auf, so sind diese in jedem Fall auf unsachgemäße Behandlung und Sorglosigkeit bei der Wartung zurückzuführen.



*Abb. 32: Instrumentenbrett der „Jaskolka“*



*Abb. 33: Instrumentenbrett des „Baby II b“*

Die Instrumente gehören zu den wichtigsten Einrichtungen eines Flugzeuges. Von ihrer Betriebssicherheit und Anzeigegenauigkeit hängt die Sicherheit von Besatzung und Fluggerät ab.

Heute gibt es deshalb kein Übungs- und Leistungssegelflugzeug mehr, in dem nicht die dem jeweiligen Einsatz entsprechenden Instrumente eingebaut sind (Abb. 32 und 33).

Dabei wird im Segelflug nur ein Teil der in der Gesamtluffahrt vorhandenen Instrumente verwendet, weil der Aufbau eines Segelflugzeuges wesentlich unkomplizierter als zum Beispiel der eines mehrmotorigen Verkehrsflugzeuges ist. Es werden bei einem Leistungssegelflugzeug vorwiegend Geräte für die Flugüberwachung eingebaut; also Fahrtmesser, Höhenmesser, Variometer, Wendezeiger, künstl. Horizont (nur vereinzelt) und Neigungsmesser.

Für die Navigation greift man auf den kleinen Führerkompaß (kleiner Emil) und die Borduhr zurück, während für Höhenflüge noch der Höhenatmer mit seinen Anzeigeräten hinzukommt.

Betrachten wir nun nachfolgend einmal die wichtigsten Bordinstrumente und ihre Arbeitsweise:

#### *Der Unterdruckfahrtmesser*

Dieser Fahrtmesser arbeitet mit einer Meßdüse nach dem Prinzip des Venturi-Rohres.

Er eignet sich besonders für Geschwindigkeiten unter 400 km/h und wird vorwiegend bei Segelflugzeugen und langsameren Motorflugzeugen verwendet.

Das Anzeigerät ist als Unterdruckmesser ausgebildet und hat bei geringen Geschwindigkeiten eine wesentlich höhere Anzeigegenauigkeit als andere Systeme.

Unterdruckanzeigeräte sind daran zu erkennen, daß die Anzeigeskala mit einem ungeraden Zehner beginnt, z. B. 50 km/h. Zudem ist bei den Unterdruckanzeigeräten noch der entsprechende Düsenbeiwert vermerkt. Der Meßdruck (Unterdruck) wird bei diesem Gerät in eine Dose geleitet, die durch den statischen Druck, der sich im Innern des Anzeigerätes befindet, zusammengedrückt wird. Die Anzeige erfolgt über ein Getriebe auf die Skala (Abb. 34).

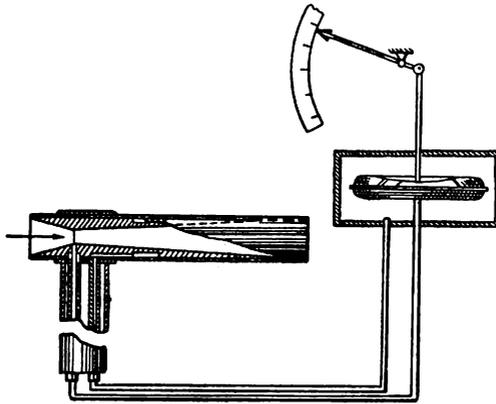


Abb. 34: Unterdruckfabrtmesser (Funktionsskizze)

### *Der Staudruckfabrtmesser*

Dieser Fahrtmesser arbeitet mit einem Staurohr. Er eignet sich für mittlere und hohe Geschwindigkeiten und wird vorwiegend in schnellen Motorflugzeugen verwendet.

Das Anzeigergerät ist als Überdruckmesser ausgebildet. Staudruckanzeigergeräte sind daran zu erkennen, daß die Anzeigeskala mit einem geraden Zehner beginnt, z. B. 40 km/h.

Der Meßdruck (Staudruck) wird bei diesem Gerät in eine Dose geleitet, die sich ausdehnt, weil der Staudruck immer größer ist als der sich im Innern des Gehäuses befindende statische Druck. Die Anzeige erfolgt über ein Getriebe auf die Skala (Abb. 35).

Alle Fahrtmesser geben die Geschwindigkeit der Flugzeuge gegenüber der umgebenden Luft an. Es ist also nur möglich, eine relative Geschwindigkeit zu messen. Das zu wissen ist außerordentlich wichtig, denn vorhandene Windgeschwindigkeiten beeinflussen die absolute Geschwindigkeit eines Flugzeuges (Geschwindigkeit über Grund) in starkem Maße.

Die Ermittlung der absoluten Geschwindigkeit eines Flugzeuges ist eine navigatorische Aufgabe und nur möglich, wenn die Durchflugzeit zwischen zwei navigatorischen Punkten gemessen wird.

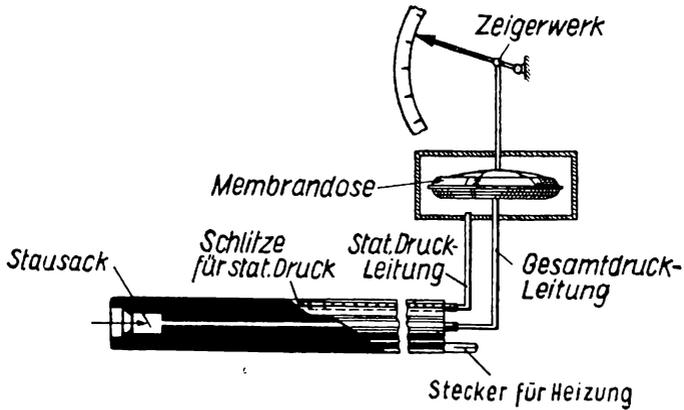


Abb. 35: Staudruckfabrtmesser (Funktions-skizze)

### *Die Meßdüsen und die Staurohre als Meßgeber für Fabrtmesser*

Mit diesen Meßgebern wird der Staudruck bzw. dessen verhältnismäßiger Sog gemessen, der zugleich ein Maßstab für den Auftrieb ist, weil Geschwindigkeit, Staudruck und Auftrieb in unmittelbarer Abhängigkeit zueinander stehen.

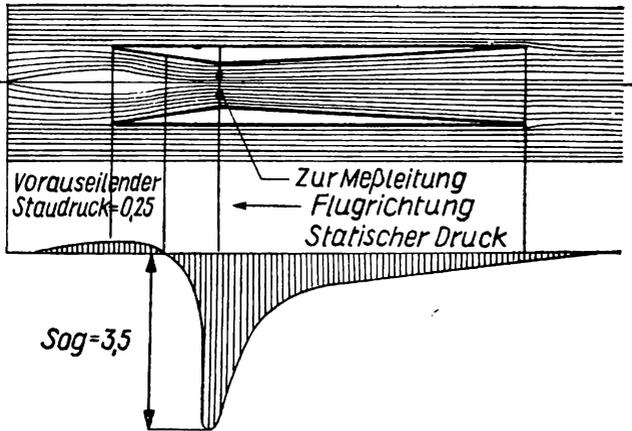
Um einen Vergleichsmaßstab gegenüber der Geschwindigkeit „über Grund“ zu haben, sind diese Anzeigeräte nicht in  $\text{kp/m}^2$  oder  $\text{mm/Ws}$  – der Maßeinheit des Staudruckes – sondern in  $\text{km/h}$  – dem Geschwindigkeitsmaßstab – geeicht.

### *Die Meßdüsen*

Der gegen die Meßdüse gerichtete Luftstrom erfährt zunächst, infolge des Luftwiderstandes des Düsenkörpers, eine geringe vorauseilende Verdichtung. Beim Eintritt in die Düse wird der Luftstrom zunehmend beschleunigt und erreicht seine größte Geschwindigkeit am engsten Querschnitt. Durch diese Beschleunigung des Luftstromes entsteht in der Düse ein Unterdruck, dessen größter Wert beim engsten Querschnitt liegt. Am engsten Querschnitt der Meßdüse befinden sich eine Anzahl feiner Öffnungen, durch die der Meßdruck über die Meßleitung zum Anzeigerät geleitet wird.

# Strömungsbilder

## Mepdüse



## Staurohr

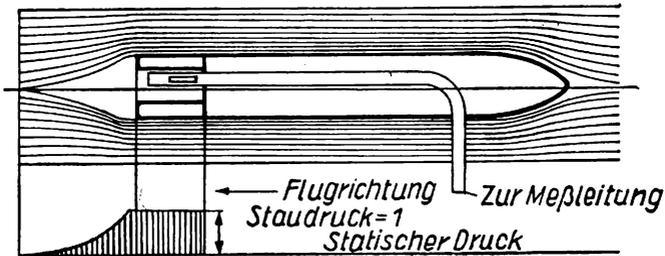


Abb. 36

Da nun in jedem Falle die Druckdifferenz zwischen Unterdruck (bei Meßdüsen) bzw. Staudruck (bei Staurohren) und dem statischen Druck gemessen wird, muß das Anzeigergerät noch einen Anschluß für den statischen Druck aufweisen.

Innerhalb des Flugzeuges wird der statische Druck durch Wirbelungen ungünstig beeinflusst. Deshalb wird der statische Druck an den Meßgebern selbst entnommen. Kleine, schmale Schlitze, die im äußeren Umhüllungsrohr des Meßgeberkörpers liegen, sind so angeordnet, daß sie von der ungestörten Luft umströmt werden. Sie stehen mit der Kammer für den statischen Druck in Verbindung. Von dort aus geht die Hauptleitung des statischen Druckes zum Gerätebrett. Alle barometrisch wirkenden Geräte, wie Fahrtmesser, Höhenmesser und Variometer, müssen an diese Leitung angeschlossen werden.

Da der durch die Meßdüsen erzeugte Unterdruck ein Vielfaches des der jeweiligen Fluggeschwindigkeit zugeordneten Staudruckes ist, kann man mit Hilfe der Düsen bei gleicher Fluggeschwindigkeit größere Druckunterschiede und somit größere Dosenhübe erzielen als mit einem Staurohr. Dadurch wird die Meßgenauigkeit positiv beeinflusst.

Allerdings machen die bei etwa 350 km/h beginnenden Wirbelungen die Meßdüsen für Meßbereiche über 400 km/h ungeeignet.

Das durch die Meßdüse erzielte Vielfache des Staudruckes der jeweils zugeordneten Geschwindigkeit wird als Düsenbeiwert bezeichnet. Zur Vereinfachung ist in der Darstellung für den Staudruck der Wert = 1 gewählt worden (Abb. 36).

Bei der Montage der Geräte ist darauf zu achten, daß der Beiwert der Düse mit dem Beiwert des Anzeigegegerätes übereinstimmt.

### *Das Staurohr*

Mit Hilfe des Staurohres wird der Druckunterschied zwischen Gesamtdruck (statischer Druck plus Staudruck) und statischem Druck gemessen. Wie bei der Düse, ist auch hier durch kleine, schmale Schlitze im äußeren Umhüllungsrohr ein statischer Druckausgleich vorgesehen. Staurohre verwendet man für alle schnelleren Flugzeuge. Es besteht bei ihrer Verwendung keine Begrenzung durch eine höchstzulässige Geschwindigkeit.

Um bei tiefen Temperaturen ein Vereisen der Meßdüsen und Staurohre zu verhindern, sind diese zum Teil mit einer elektrischen Heizung versehen, die bei Vereisungsgefahr vom Piloten eingeschaltet wird.

Meßdüsen und Staurohre müssen so am Flugzeug angebracht werden, daß sie außerhalb des gestörten Strömungsbereiches in freier, unbeeinflusster Luftströmung stehen und durch keinerlei Wirbelbildungen oder sonstige

Strömungsverzerrungen gestört werden. Bei allen Geschwindigkeiten sollen Meßdüsen und Staurohre in Richtung der Stromfäden liegen. Die höchstzulässige Abweichung beträgt  $\pm 15^\circ$ .

Man muß natürlich beim Einbau darauf achten, daß die verwendeten Anzeigeräte dem System des Meßgebers entsprechen.

### Die Fahrtmesserberichtigung

Die Dichte der Luft nimmt bekanntlich mit zunehmender Höhe ab. Es wird daher bei gleichbleibender Geschwindigkeit der auf die Anzeigeräte übertragene Meßdruck kleiner, und die Fahrtmesser zeigen eine zu geringe Geschwindigkeit an. Die Abweichungen liegen aber in so hohen Bereichen von Fluggeschwindigkeit und Flughöhe, daß sie bei durchschnittlichen Leistungssegelflügen keine Bedeutung erlangen. Das Prinzip der Fahrtmesserberichtigung wird im nachstehenden Diagramm erläutert (Abb. 37).

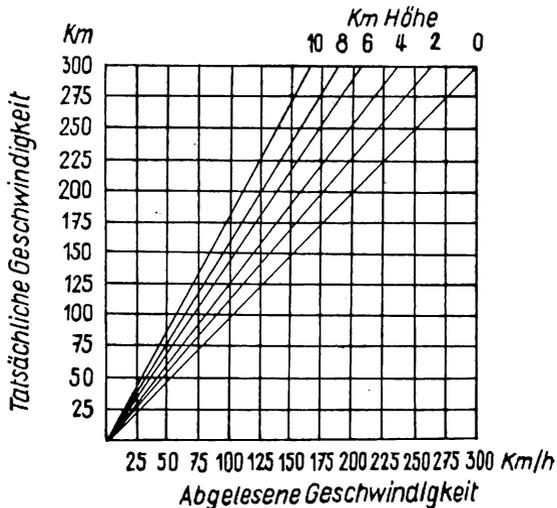


Abb. 37

### Der Höhenmesser

Bei den Höhenmeßgeräten werden zwei Systeme unterschieden:

1. Absolut-Höhenmesser (barometrischer Höhenmesser)
2. Relativ-Höhenmesser (Echolot).

Bei barometrischen Höhenmessern wird der mit der Höhe abnehmende Druck der Atmosphäre angezeigt. Der jeweilige Luftdruck (statischer Druck) wirkt auf eine luftleere Membrandose (Aneroid) und erzeugt einen entsprechenden Dosenhub, der auf einen Zeiger übertragen wird. Auf der auf „km“ geeichten Skala kann die jeweilige Flughöhe über Startplatz oder NN abgelesen werden.

Neben der Teilung in km weist das Zifferblatt einen Ausschnitt aus, durch den eine zweite, mittels Kordelknopf einstellbare Luftdruckskala mit Millibarteilung sichtbar ist. Diese dient zu der unbedingt notwendigen Nullpunkt-Berichtigung des Höhenmessers bei Luftdruckänderungen.

Man kann damit den Höhenmesser vor Antritt des Fluges auf richtige Anzeige prüfen, indem der in Flugplatzhöhe herrschende Luftdruck mittels der Millibarskala eingestellt wird. Daraufhin muß das Gerät Null-Meter Höhe anzeigen.

Bei Überlandflügen empfiehlt es sich, den auf Meereshöhe (NN) bezogenen Barometerstand einzustellen, so daß die Anzeige des Gerätes unmittelbar mit den Höhenangaben der Streckenkarte verglichen werden kann. Bei Landungen auf anderen Flugplätzen stellt man den Barometerstand des betreffenden Ortes ein, so daß der Höhenmesser bei der Landung Null-Meter Höhe anzeigt.

Der messende Teil des Gerätes ist eine Doppelfederdose mit geringer elastischer Nachwirkung. Um Temperatureinflüsse weitgehend auszuschalten, ist ein bi-metallischer Ausgleich angeordnet.

Die Geräte werden an die Leitung für den statischen Druck angeschlossen. Die barometrischen Höhenmesser gibt es in verschiedenen Ausführungsformen.

1. Feinhöhenmesser (Eichung pro 10 m Höhe)
2. Grobhöhenmesser (Eichung pro 100 m Höhe) – (Abb. 38)
3. Fein-Grob-Höhenmesser (Eichung pro 10 m und Anzeige der vollen km-Höhe).

Im Segelflug wird vorwiegend der Fein-Grob-Höhenmesser verwendet. Er besitzt auf einer Achse zwei Anzeigesysteme, die durch eine Meßdose angetrieben werden. Man unterscheidet das Zweizeiger-Gerät (Abb. 39) und das Gerät mit Schlepsskala (Abb. 40). Relativ-Höhenmesser werden vorwiegend bei großen Motorflugzeugen (z. B. IL 14) angewendet. Sie arbeiten nach dem Prinzip des Echolots. Diese Geräte zeigen die tatsächliche Höhe über Grund an (Abb. 41).

Abb. 38:  
Grobhöhenmesser (Anzeige 700 m)

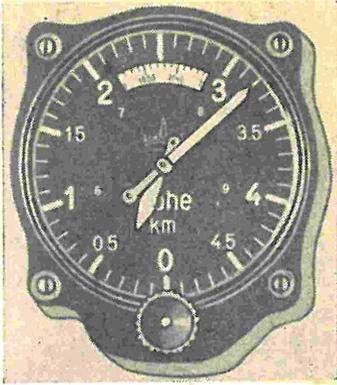
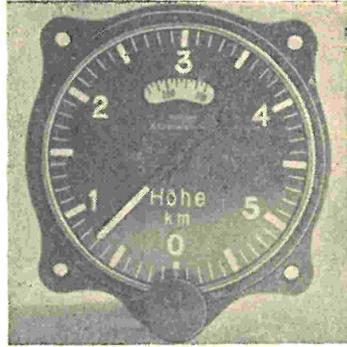


Abb. 39: Fein-Grob-Höhenmesser  
(Zweizeiger-Gerät)

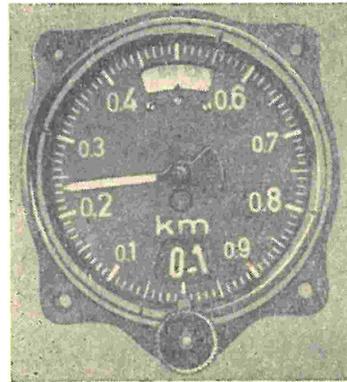


Abb. 40: Fein-Grob-Höhenmesser  
(Gerät mit Schnappskala)

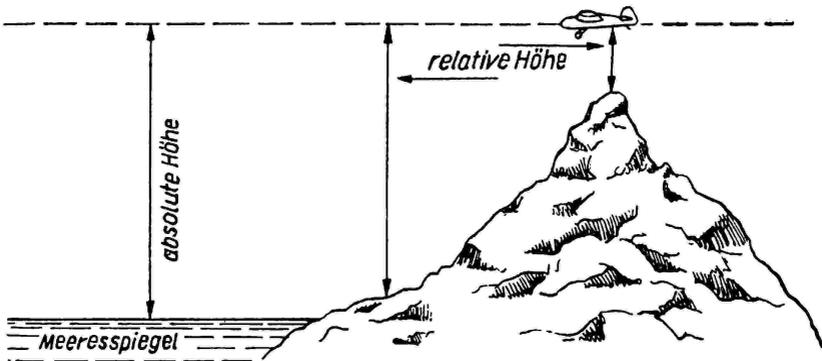
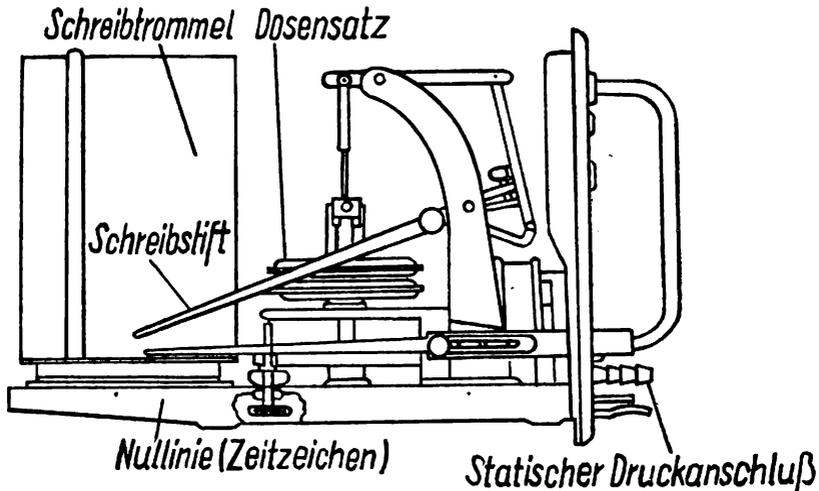


Abb. 41

### *Der Höbenschreiber*

Für Abnahme- und Wertungsflüge sowie für die Überwachung bei Streckenflügen werden schreibende Höhenmeßgeräte verwendet, mit denen Flughöhe und Flugzeit belegt werden können.

Ein solches Gerät arbeitet ebenfalls nach dem Prinzip des barometrischen Höhenmessers. Die Bewegungen der Meßdose werden hierbei auf einen



*Abb. 42: Schema eines Höbenschreibers*

Schreibarm übertragen, der auf der Schreibtrommel die Höhenwerte aufzeichnet. Die Schreibtrommel wird mittels eines Uhrwerkes angetrieben und ist auf eine Umlaufzeit von 2 – 4 – 10 Stunden einstellbar (Abb. 42).

Das Gerät muß jährlich geeicht werden.

### *Das Variometer*

Das Variometer zeigt die Steig- und Sinkgeschwindigkeit des Flugzeuges an. Mit diesem Gerät ist es dem Flugzeugführer möglich, eine bestimmte Höhe oder eine bestimmte Steig- oder Sinkgeschwindigkeit einzuhalten. Der Segelflieger benutzt das Gerät, um damit die Stärke der Aufwinde zu messen. Es ist deshalb für den Segelflieger das wichtigste Gerät für den Thermikflug.

Man unterscheidet:

1. das Dosenvariometer,
2. das Stauscheiben-Variometer.

Das Dosenvariometer ist in seinem Aufbau als Feinsthöhenmesser anzusehen – wozu es auch in Verbindung mit dem Statoskop verwendet wird.

Das Dosenvariometer enthält eine hochempfindliche Druckmeßdose, die zur Vergrößerung ihres Rauminhaltes und zur Gewährleistung der Funktion mit einem gegen Temperatureinflüsse geschützten Ausgleichgefäß (Thermosflasche) verbunden ist. Das durch das Ausgleichgefäß vergrößerte Dosenvolumen steht außerdem durch eine geeichte Kapillare mit dem Gehäuseinneren des Variometers in Verbindung. Das Gehäuse besitzt einen Anschluß für den statischen Druck und muß an die statische Druckleitung des Meßgebers angeschlossen werden (Abb. 43).

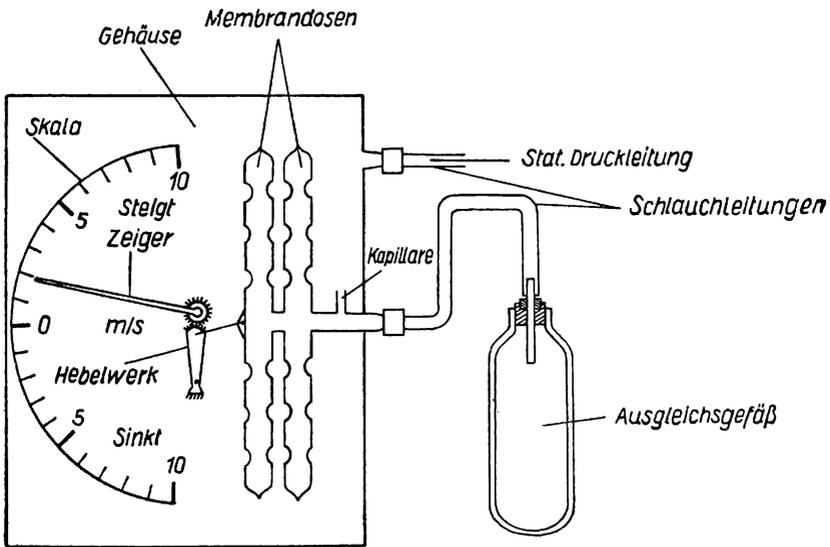


Abb. 43: Dosenvariometer (Funktionsskizze und Schnitt)

Beim Flug in gleichbleibender Höhe ist der Druck im Doseninneren und im Gehäuseinneren gleich, da beide durch die Kapillare in Verbindung stehen; der Zeiger des Gerätes steht auf 0.

Beim Steigen des Flugzeuges nimmt der statische Druck zu und damit der Druck im Gehäuse des Gerätes ab. Die Luft aus der Dose kann jedoch nur langsam durch die Kapillare in das Gehäuse entweichen. Dadurch entsteht ein Druckunterschied zwischen dem Doseninneren und dem Gehäuseinneren, der ein Maß für die Steiggeschwindigkeit darstellt. Der Druckunterschied hat einen Dosenhub zur Folge, durch den über ein Getriebe der Zeiger des Gerätes zum Ausschlag gebracht wird. Entsprechend der Steiggeschwindigkeit wird auf dem Zifferblatt „Steigen“ angezeigt.

Bei Abwärtsbewegungen des Flugzeuges findet der Druckmeßvorgang im umgekehrten Sinne statt.

Neben dem einfachen Dosenvariometer wird noch das Stoskopvariometer verwendet. Bei diesem Gerät dient ein unterhalb des Zifferblattes angeordneter Kordelknopf zur Betätigung eines Hahnes, der in Schließstellung die durch die Kapillare hergestellte Verbindung zwischen dem Doseninneren und dem Gehäuseinneren (statischer Druck) abschließt. Das Variometer arbeitet dann als Stoskop, d. h., als ein hochempfindlicher Feinhöhenmesser, der jeden Meter Höhenänderung anzeigt.

Das Stoskopvariometer wird für Meßflüge in gleichbleibender Höhe und für militärische Belange verwendet.

Für den Segelflieger hat das Dosenvariometer wenig Wert, weil es eine erhebliche Verzögerung (8–10 sek) in der Anzeige besitzt. Man verwendet daher mit Vorliebe das Stauscheibenvariometer.

*Das Stauscheibenvariometer* erfüllt alle Anforderungen einer schnellen und genauen Anzeige. Es ist jedoch infolge der Feinheit der Konstruktionsteile wesentlich empfindlicher gegenüber äußeren mechanischen Einflüssen als das Dosenvariometer. Deshalb ist eine besonders gute Pflege und Wartung notwendig.

Das Stauscheibenvariometer arbeitet nach dem gleichen physikalischen Prinzip wie das Dosenvariometer. Auch hier werden die Luftdruckunterschiede zwischen dem Inneren des Meßsystems und dem statischen Druck gemessen. Das Variometer besteht aus einem Gehäuse, in dem eine Stauscheibe drehbar gelagert ist. Der Zeiger für die Anzeige auf dem Zifferblatt ist direkt mit der Stauscheibe verbunden. Eine kleine Spiralfeder hält in der Ruhelage die Stauscheibe in der Mitte einer Ringkammer. Dabei teilt die Stauscheibe die Meßkammer in zwei gleiche Teile, wobei der Zeiger auf der Null-Marke der Skala steht. Die Feder liefert bei Ausschlägen der Stauscheibe die Gegenkraft zu den auftretenden Luftkräften (Druckminderung,

Druckzunahme) und ist in Verbindung mit der Meßspalte – die hier die Aufgabe der Kapillare des Dosenvariometers übernimmt – auf die jeweiligen Steig- und Sinkgeschwindigkeiten geeicht. Ohne Feder würde die Stauscheibe und damit der Zeiger bei jeder Höhenänderung einen vollen Ausschlag ausführen. Das Gerät ist zur Erhöhung seines Volumens ebenfalls mit einem Ausgleichsgefäß ausgerüstet, durch das erst eine Anzeige gewährleistet wird (Abb. 44).

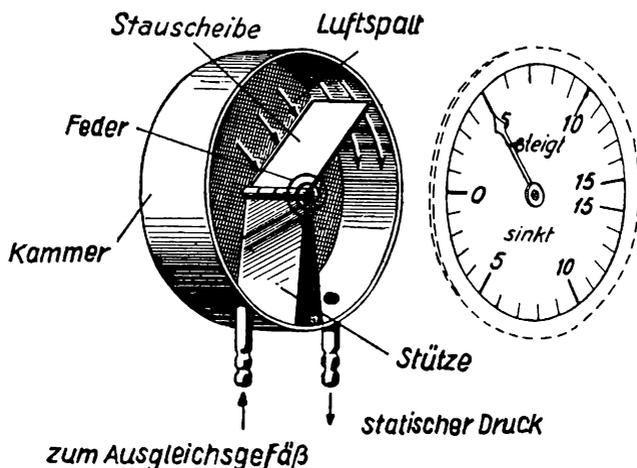


Abb. 44: Stauscheibenvariometer (Funktionskizze)

Das Stauscheibenvariometer kann durch größere Druckunterschiede, die z. B. bei Sturzflügen auftreten, nicht beschädigt werden, weil sich die Stauscheibe dann flach an den Anschlag legt und eine direkte Verbindung zwischen statischem Druck und Ausgleichsgefäß besteht.

### Der Wendezeiger

Der Wendezeiger ist ein Kreiselgerät. Er zeigt die Drehung des Flugzeuges um die Hochachse an. Gleichzeitig ist am Zifferblatt noch eine Kugellibelle angeordnet, von der die Lage des Scheinlotes beim Kurvenfliegen und auch die Querneigung des Flugzeuges beim Geradeausfliegen (wichtig für die richtige Ablesung des Kompasses) zu erkennen ist.

Der Wendezeiger ist ein unentbehrliches Gerät für den Instrumenten- und Wolkenflug.

Im Inneren des Gerätes befindet sich ein halbkardanisch und indifferent aufgehängter Kreisel, der – in schnelle Umdrehungen versetzt – das Bestreben hat, seine Lage ständig beizubehalten.

Bei Bewegungen des Flugzeuges um die Längs- und Querachse reagiert dieser Kreisel nicht.

Bewegt sich das Flugzeug um die Hochachse, dann vollführt der Kreisel eine Ausweichbewegung (er präzediert) und bewirkt ein Kippen seines Rahmens. Diese Bewegung des Rahmens wird durch ein Übersetzungswerk auf den Zeiger übertragen. Zur ruhigen Anzeige des Gerätes ist am Übersetzungswerk eine Dämpfung angebracht. Eine Rückholfeder führt den Kreiselrahmen – nach Beendigung der Drehbewegung des Flugzeuges um die Hochachse – in die Null-Lage zurück (Abb 45).

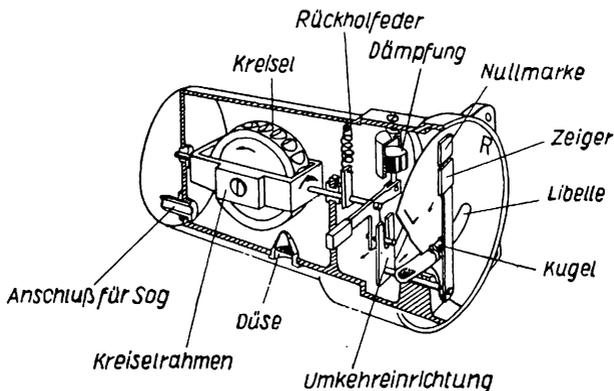


Abb. 45: Wendezeiger (schematischer Schnitt)

Die Wendezeiger werden in zwei verschiedenen Ausführungen hergestellt:

1. Wendezeiger mit pneumatischem Antrieb (Förderdüse oder Sogpumpe),
2. Wendezeiger mit elektrischem Antrieb (Bordnetz oder Batterie).

Bei dem Wendezeiger mit pneumatischem Antrieb ist der Kreisel als Schaufelrad ausgebildet und wird durch einen Luftstrom angetrieben.

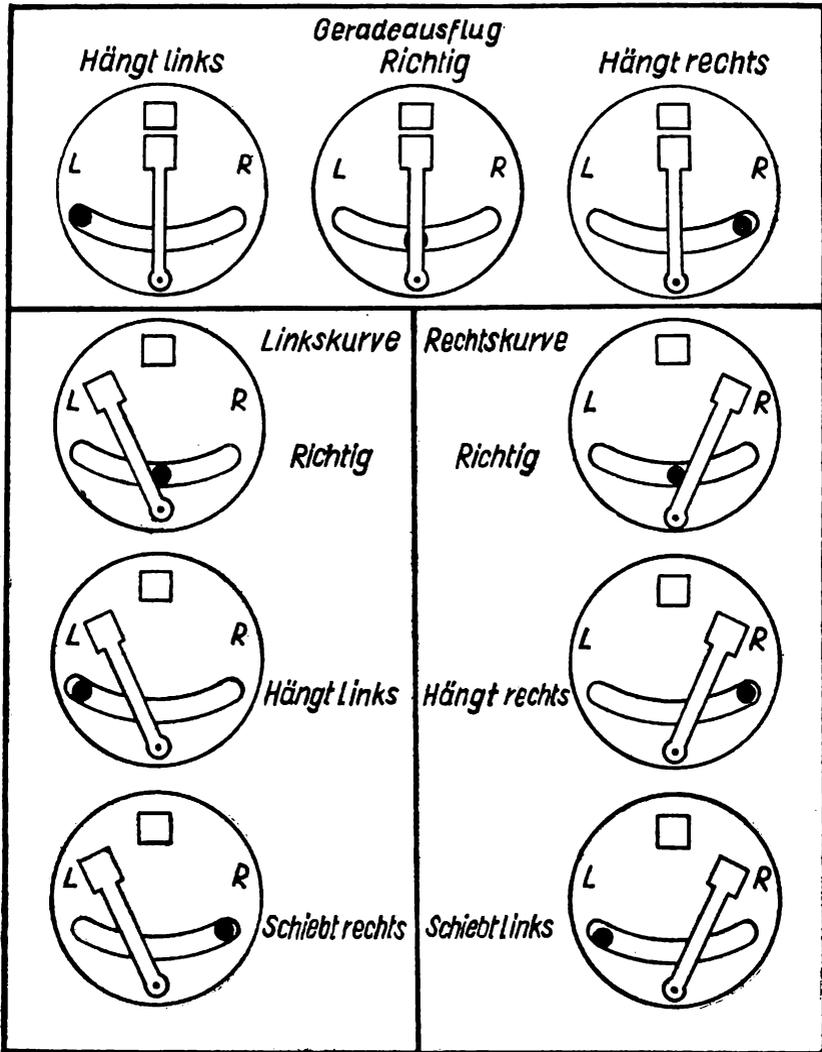


Abb. 46: Anzeigestellungen des Wendezeigers

Bei dem Wendezeiger mit elektrischem Antrieb ist der Kreisel mit Wicklungen und Drehzahlregler versehen. Er arbeitet nach dem Prinzip eines Elektromotors.

Wendezeiger mit elektrischem Antrieb werden allgemein bevorzugt, weil ihre Anzeige genauer und ihre Betriebssicherheit größer ist als die der pneumatischen Wendezeiger.

Die Drehrichtung des Kreisels eines Wendezeigers hat direkten Einfluß auf die Sinnfälligkeit der Anzeige des Gerätes. Deshalb muß besonders bei mit Gleichstrom betriebenen Geräten auf die richtige Polung geachtet werden. Bei Batteriegeräten empfiehlt es sich, vor Einsatz des Flugzeuges die sinngemäße Anzeige zu überprüfen. Eine Nichtbeachtung dieser Grundregel hat schon wiederholt bei Wolkenflügen zu Überbeanspruchungen von Flugzeugen und damit zu Unfällen geführt.

Die verschiedenen Fluglagen, die der Wendezeiger in übersichtlicher und eindeutiger Weise dem Auge vermittelt, sind in Abb. 46 veranschaulicht.

### *Der künstliche Horizont*

Beim Blindflug nach dem Wendezeiger allein ist nur das Scheinlot, nicht aber die Querneigung des Flugzeuges zum wahren Lot zu erkennen. Außerdem müssen noch der Fahrtmesser und das Variometer ständig beobachtet werden, um die Bewegungen des Flugzeuges um die Querachse unter Kontrolle zu halten. Diese ständige Beobachtung von drei Instrumenten belastet den Flugzeugführer sehr und hält ihn von anderen wichtigen Aufgaben ab. Daraus entsprang das Bedürfnis, ein Gerät zu entwickeln, das in maßstabgerechter und sinnfälliger Weise die Bewegungen des Flugzeuges um Quer- und Längsachse anzeigt (Abb. 47).

Im Inneren dieses Gerätes ist ein Kreisel indifferent-vollkardanisch aufgehängt. Die Drehzahl des Kreisels ist so hoch gewählt und die Dämpfung so abgestimmt, daß die im Geradeausflug wie im Kurvenflug auftretenden Beschleunigungen die Kreiselachse kaum merklich aus der wahren Lotrichtung zu bringen vermögen. Um der Möglichkeit entgegenzuwirken, daß der Kreisel durch geringe Unwuchten oder Lagerfehler in Präzessionschwingungen gerät und sich dadurch aus der Richtung des wahren Lotes herausbewegt, ist am Kreiselpendel ein pneumatisch wirkender Stabilisator angeordnet.

Das Kreiselsystem des „künstlichen Horizontes“ schlägt erst bei Quer-  
neigungen von über  $100^\circ$  an. Es können daher engste Kurven ohne Störung  
der Kreiselfreiheit geflogen werden. Längsneigungen werden bis zu einem  
Winkel von  $65^\circ$  angezeigt.

In Weiterentwicklung des künstlichen Horizontes entstand der Wende-  
horizont. Dieses Gerät ist eine Kombination von Wendezeiger und  
künstlichem Horizont. Es ist ein Blindflugerät, das sämtlichen Blind-  
flugsituationen gerecht wird.



*Abb. 47: Anzeigestellungen des künstlichen Horizontes bei verschiedenen Fluglagen*

### *Der Neigungsmesser*

Dieses Gerät dient zur Messung der Längsneigung eines Flugzeuges und  
ist beim Blindflug ein wichtiges Zusatzgerät zu Fahrtmesser und Variometer.  
Der Neigungsmesser wird vorwiegend dann verwendet, wenn man  
aus Platzmangel auf den Einbau eines künstlichen Horizontes verzichten  
muß, also bei Segel- und Sportflugzeugen.

Die Wirkungsweise des Gerätes beruht darauf, daß eine Flüssigkeitssäule  
entsprechend dem Längsneigungswinkel des Flugzeuges steigt oder fällt.  
Eine Skala gestattet das Ablesen der Längsneigung nach Graden.

Um Beschleunigungseinflüsse zu mindern und eine ruhige Anzeige zu erzielen, ist in den Flüssigkeitsweg eine abgestimmte Kapillare eingebaut. Beim Einbau des Geräts muß man darauf achten, daß das Gerät dann 0° anzeigt, wenn sich das Flugzeug in der Normalfluglage befindet.

### Der Kompaß

In Flugzeugen mit beschränkten Platzverhältnissen wird vorwiegend der sogenannte „kleine Führerkompaß“ verwendet. Der kleine Führerkompaß ist ein Ansichtskompaß mit senkrecht stehender Trommelrose.

Dieser Kompaß wird im Instrumentenbrett des Flugzeuges derart eingebaut, daß der Steuerstrich des Kompasses direkt in der Blickrichtung des Flugzeugführers liegt.

Die Kompaßrose, an der sich gleichzeitig das Magnetsystem befindet, ist im Innern des Gehäuses mit Stahlpinne und Lagerstein leicht drehbar gelagert. Auf der Kompaßrose ist eine Teilung von 5° zu 5° und eine Bezifferung von 30° zu 30° angebracht. Da sich der Steuerstrich nicht in Richtung des Flugweges vor dem Kompaß befindet, sondern in der Blickrichtung des Flugzeugführers angebracht ist, ist die Rosenteilung um 180° versetzt, damit der anliegende Kurs ohne umzurechnen abgelesen werden

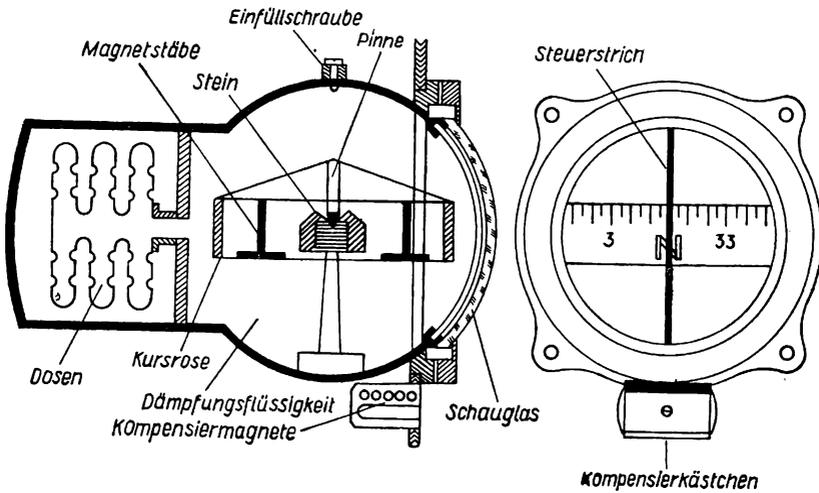


Abb. 48: Kompaß (Funktionskizze)

kann. Der Kompaß ist mit einer Glasscheibe abgeschlossen, die infolge ihrer Wölbung die Beschriftung der Rose vergrößert.

Die Flüssigkeitsfüllung des Kompasses hindert unerwünschte Schwingungen des Magnetsystems und dämpft gleichzeitig auftretende Erschütterungen. Die Wärmeausdehnung wird durch einen Dehnungskörper (Membran) aufgenommen (Abb. 48).

Zur Berichtigung der Deviation (Kompaßabweichung, Kompaßfehler) ist eine Kompensiervorrichtung unter dem Kompaß angebracht.

Die Kompensiervorrichtung besteht aus einem Schubkästchen mit je 5 Löchern über- und nebeneinander zum Einlegen der Längs- und Quermagnete.

Die in der Querrichtung einzulegenden Magnete dienen zur Beseitigung der Deviation auf Nord- oder Süd-Kurs, die in der Längsrichtung einzulegenden zur Kompensation auf Ost- oder West-Kurs.

### *Die Borduhr*

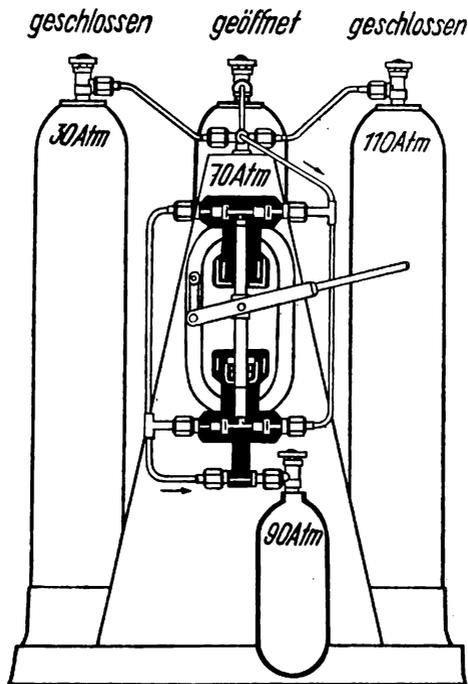
Für die einwandfreie Durchführung von Streckenflügen ist dem Flugzeugführer die Kenntnis der genauen Uhrzeit ebenso wichtig wie die Anzeige der Bordgeräte für die Flugüberwachung. Die Streckenflugnavigation wie auch die Kreisberechnung in der Thermik sind geradezu an eine genaue Uhr und an eine Stoppuhr gebunden.

Unter Berücksichtigung der besonderen Beanspruchungen während des Flugbetriebes sind deshalb Flugzeug-Borduhren entwickelt worden. Sie sind weitgehend aus unmagnetischen Werkstoffen hergestellt, um die Anzeige des Kompasses nicht zu gefährden. Die Uhren werden meist mit Stopp-einrichtung gefertigt.

### *Höhenatmungsgeräte*

Zum Schutz der Besatzung bei Flügen über 4000 m Höhe wird der eintretende Mangel an Sauerstoff durch Zuführen von Preßsauerstoff durch das Höhenatemgerät ausgeglichen. Die Höhenatemanlage besteht aus der Atemmaske oder dem Mundstück (bei einfachen Ausführungen), dem Faltschlauch, dem Atemschlauch, dem eigentlichen Höhenatmer (siehe Abbildung), der Hochdruckleitung und den Sauerstoff-Flaschen.

Die Höhenatmer sind lungenautomatisch arbeitende Preßsauerstoffgeräte mit Luftzusatz. Sie bestehen aus Druckmesser, Druckminderventil (auch



*Abb. 49: Sauerstoff-Handpump-Station zum Füllen der Sauerstoff-Bordflaschen*

mit Lungenautomat vereinigt), dem Absperrhahn, dem eigentlichen Lungenautomaten, der Luftdrossel und dem Schutzkorb.

Der Lungenautomat liefert stets die erforderliche Menge an Sauerstoff bzw. an Sauerstoffluftgemisch. Er bewirkt gleichzeitig eine weitgehende Schonung des Sauerstoffvorrats. Durch Ausnutzung des beim Einatmen entstehenden Unterdruckes und des beim Ausatmen erzeugten Überdruckes wird der unter 150 atü stehende Preßsauerstoff bis auf eine für die menschliche Atmung unschädliche Druckstufe entspannt und aus einem Atembeutel eingeatmet. Der Luftzusatz wird von 4000 bis 8000 m Höhe benutzt, darüber hinaus erfolgt reine Sauerstoffatmung.

Der Preßsauerstoff wird in Stahl- oder Leichtmetallflaschen an Bord des Flugzeuges mitgeführt. Der Inhalt der Vorratsflaschen beträgt 2-5 oder 10 l. Die Flaschen können zu Flaschenbatterien zusammengeschaltet werden

(Abb. 50). Der Sauerstoffvorrat ist stets in Atemstunden, nicht in Flugstunden berechnet.

Verdichteter Sauerstoff kann aus Vorratsflaschen über eine Hochdruckumfüllpumpe in die dazu aus dem Flugzeug auszubauenden Flaschen nachgefüllt werden (Abb. 49).

Bei Verwendung von Sauerstoffgeräten sollte man darauf achten, daß man 48 Stunden vor Benutzung des Geräts keinen Alkohol genießt, da sonst schwere Gesundheitsstörungen eintreten können.

Alle Höhenatemanlagen bedürfen der Zulassung für den Flugbetrieb. Vor Einsatz einer derartigen Anlage ist die dazugehörige Betriebsvorschrift genau zu studieren und danach zu verfahren. Schließlich konnte hier nur allgemein die Arbeitsweise eines Höhenatmers dargelegt werden. Die genaue Beschreibung der einzelnen Geräte würde zu weit führen und ist, gemessen an der Vielzahl der zur Verfügung stehenden Geräte, unzumutbar.

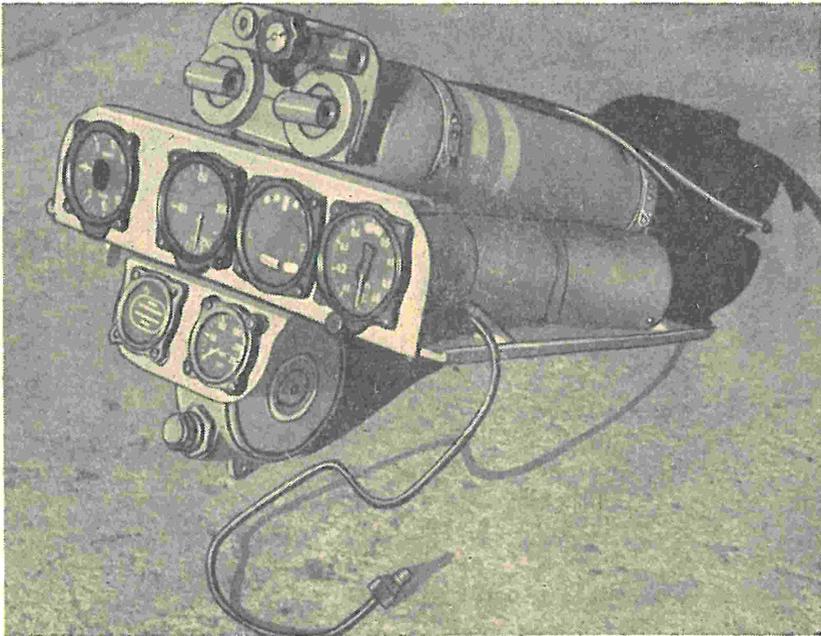


Abb. 50: Höhenatemanlage der „Jaskolka“ (am Gerätebrett angebaut)

# Ein Blick in die Aerodynamik

Von RUDOLF KRAUSE

Wenn man sich dem Fliegen verschrieben hat, so fühlt man bald das Verlangen nach einem tieferen Verständnis für das Wesen und Wirken der Kräfte, die in der Luft auf ein Flugzeug einwirken. Die Klärung solcher Fragen gehört zu den Aufgaben der Aerodynamik, der Lehre von der bewegten Luft.

Sie ist aus der Hydrodynamik (Lehre von den bewegten Flüssigkeiten) hervorgegangen, als sich die Naturwissenschaftler der Erforschung des Vogelfluges als Grundlage des Fliegens mit Luftfahrzeugen, schwerer als Luft, zuwandten. Verschiedentlich behandelt man diese Gesetzmäßigkeiten unter dem allgemeineren Begriff: Aeromechanik.

Die Aerodynamik ist also noch ein verhältnismäßig junges Teilgebiet der Physik, der Wissenschaft, die heute so bedeutungsvoll für den Bestand und die friedliche Weiterentwicklung der Menschheit ist. Viele verdienstvolle Forscher, unter ihnen N. Shukowski, O. Lilienthal und L. Prandtl, haben sich um die Entwicklung und den Ausbau der Aerodynamik bemüht. Obwohl dieses Buch kein ausgesprochenes Lehrbuch sein soll, möchte ich das Kapitel Aerodynamik lehrmäßig behandeln, denn man kann nun einmal über dieses Grundwissen schlecht im amüsanten Plauderton schreiben.

## Aerostatische Grundlagen

### *Die Luft*

Die unsere Erde umgebende Luft ist ein gasförmiger Körper, der sich aus Stickstoff, Sauerstoff und geringen Anteilen anderer Gase zusammensetzt. Als gasförmiger Körper hat die Luft keine eigene Gestalt und im Gegensatz zu festen und flüssigen Körpern auch kein begrenztes Volumen, d. h., sie paßt sich jeder Form leicht an und füllt jeden ihr gegebenen Raum aus. Sie läßt sich leicht ausdehnen (expandieren) oder zusammendrücken (komprimieren). Wie jeder andere Körper auf der Erde unterliegt die Luft der Schwerkraft und hat somit ein bestimmtes Gewicht. (1 Kubikmeter Luft wiegt unter normalen Bedingungen etwa 0,125 kp) Ebenso wichtig sind Temperatur und Dichte und für das Wettergeschehen noch ihre Feuchtigkeit. Durch ihr Gewicht erzeugt die Luft auf der Ober-

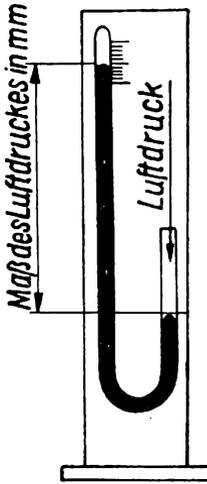


Abb. 51

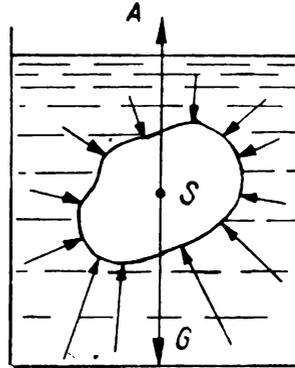


Abb. 52:

$S$  = Schwerpunkt des Körpers,  
 $A$  = Auftrieb,  $G$  = Gewicht

fläche eines Körpers, den sie berührt, einen Druck, den wir Ruhe- oder statischen Druck nennen.

#### *Der Luftdruck (statischer), Dichte, Wichte, Temperatur*

Als Maßeinheit für die Größe des Luftdruckes benutzt man bekanntlich die Höhe der Quecksilber-(Hg)-Säule in einem U-Rohr-Barometer (Abb. 51) oder auch deren Gewicht, wenn das Rohr einen Querschnitt von genau  $1 \text{ cm}^2$  hat. Im ersten Fall spricht man dann von einem Luftdruck von 760 mm Hg-Säule oder 760 Torr (genannt nach Torricelli, einem italienischen Physiker) und im zweiten von 1 physikalischen Atmosphäre =  $1 \text{ atm} = 1,0332 \text{ kp/cm}^2$ . Dem Flieger begegnet häufig noch ein anderes Maß des Luftdruckes, das Millibar (mb). Wir finden es u. a. auf den Einstellskalen unserer Höhenmesser. Es soll hier darüber die Angabe genügen, daß 1000 mb mit für uns ausreichender Genauigkeit einem Druck von 750 Torr entsprechen.

Daraus ergibt sich:

$$1 \text{ mb} = \frac{3}{4} \text{ mm Hg-Säule bzw. } 1 \text{ mm Hg-Säule} = \frac{4}{3} \text{ mb.}$$

Wesentlich zu wissen ist noch, daß der Luftdruck mit zunehmender Höhe über der Erdoberfläche gesetzmäßig abnimmt. Seine dabei nicht gleichmäßige, sondern nach der sogenannten barometrischen Höhenkurve erfolgende Abnahme hat ihre Ursache in der Zusammendrückbarkeit der Luft. Die unteren Luftschichten werden durch das auf ihnen lastende Gewicht der oberen Schichten zusammengedrückt, demnach dichter und schwerer.

Von nicht minderer Bedeutung als der Luftdruck ist die Luftdichte. Unter ihr versteht man die Luftmenge pro Volumeneinheit, z. B. pro Kubikmeter.

$$\text{Dichte} = \rho (\text{Rho}) = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}} = \frac{m}{V} \frac{\text{kp} \cdot \text{sec}^2}{m \cdot m^3} = \frac{\text{kp} \cdot \text{sec}^2}{m^4}$$

Sie nimmt ebenfalls – wie schon angedeutet – mit wachsender Höhe ab.

Die Beziehung:

Luftdichte ( $\rho$ ) x Erdbeschleunigung ( $g$ ) = Wichte ( $\gamma$ )

bzw. Luftdichte ( $\rho$ ) =  $\frac{\text{Wichte } (\gamma)}{\text{Erdbeschleunigung } (g)}$  ( $\gamma$  = Gamma)

$$\frac{\text{kp} \cdot \text{sec}^2}{m^4} \cdot \frac{m}{\text{sec}^2} = \frac{\text{kp}}{m^3}$$

$$\frac{\text{kp}}{m^3} \cdot \frac{\text{sec}^2}{m} = \frac{\text{kp} \cdot \text{sec}^2}{m^4}$$

vermittelt uns den Zusammenhang zwischen der Luftdichte  $\rho$  und dem spezifischen Gewicht (Wichte)  $\gamma$ .

Die dritte Größe, die den Zustand der uns umgebenden Luft beschreibt, ist die Temperatur. Von ihr wissen wir, daß sie in engem Zusammenhang mit den vorgenannten Größen steht, bzw. jene entsprechend beeinflußt. Beispielsweise verringert sich bei steigender Temperatur die Dichte der Luft. Gleichfalls wie Druck und Dichte sinkt die Temperatur mit zunehmender Höhe, allerdings nach anderen Gesetzen und zunächst nur innerhalb der Troposphäre.

### *Normalbedingungen*

Da sich nun im Verlauf eines Zeitabschnittes (z. B. schon im Zeitraum weniger Stunden) die Zustandsgrößen der Lufthülle fortwährend ändern, benötigt man, um eine einheitliche Ausgangsbasis zu haben, für Vergleichs- (z. B. Leistungsangaben von Flugzeugen), Meß- und rechnerische Zwecke (z. B. Entwurf und Entwicklung von Flugzeugen), eine unveränderliche sogenannte Normal-Atmosphäre, die sich in ihren Zustandsgrößen den während längerer Zeit gemessenen Mittelwerten der wirklichen Atmosphäre auf der Erdoberfläche weitgehend annähern soll und international verbindlich ist. Die Commission International de Navigation Aerienne (CINA) hat eine

solche festgelegt. Die hierbei zugrunde gelegten Normalbedingungen seien für den interessierten Leser einmal zusammengestellt:

Luftdichte $\rho_0$	(in 0 m NN) = 0,125 kp · sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
Luftdruck $b_0$	(in 0 m NN) = 760 Torr
Luftwichte $\gamma_0$	(in 0 m NN) = 0,1225 kp/m <sup>3</sup>
Lufttemperatur $t^\circ$	(in 0 m NN) = + 15° C = 288° K (Kelvin)
Temperatur-Gradient $t'$	= 6,5 pro 1000 m (gültig bis 11 km Höhe)
Temperatur T	= - 56,5° C = const. (ab 11 km Höhe)
relative Luftfeuchte	= 0 %
kinematische Zähigkeit $\nu_0^*$	(in 0 m NN) = 14,38 · 10 <sup>-6</sup> (m <sup>2</sup> /sec)
Erdbeschleunigung $g$	= 9,8062 $\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

### *Der statische Auftrieb (Prinzip von Archimedes)*

Durch die Praxis sind wir alle selbst und in der Regel schon frühzeitig mit dieser Auftriebsart bekannt geworden. Wir geben auf die Frage: Warum schwimmt ein Körper – ein Stück Holz, ein Ball oder ein Schiff – auf dem Wasser? häufig die landläufige Antwort: Er schwimmt, weil er „leichter“ als das Wasser ist. Gemeint wird aber damit, daß der Körper – das Holz, der Ball oder das Schiff – ein geringeres spezifisches Gewicht als Wasser besitzt. Vom Physikunterricht in der Schule her wissen wir, daß an einem Körper, der sich in einer Flüssigkeit oder in einem Glas befindet, eine Auftriebskraft A angreift. Ihre Größe entspricht dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit bzw. des Gases, und sie wirkt dem Körpergewicht G entgegen (Abb. 52).

Es gilt:

$$A = V \cdot \gamma$$

V = Volumen der verdrängten Flüssigkeit  
 $\gamma$  = Wichte der Flüssigkeit bzw. des Gases

A größer als G ergibt Steigen,

A gleich G ergibt Schweben und

A kleiner als G ergibt Sinken des Körpers innerhalb der Flüssigkeit.

$$*) \nu = (\text{Ny}) = \frac{\text{Dichte}}{\text{Zähigkeit}}$$

Diese Beziehung ist bekannt als das Gesetz von Archimedes. Ballone und Luftschiffe erheben sich mit Hilfe eines solchen Auftriebes in die Luft. Die Kräfte, die ein Flugzeug tragen, sind anderer Art.

### **Kräfte und Bewegungsvorgänge in strömenden Gasen und Flüssigkeiten**

Ein Vogel oder ein Flugzeug erhält im Gegensatz zu Ballonen oder Luftschiffen nur dann Auftrieb, wenn die Luft die Flügel in geeigneter Weise umströmt. Das geschieht bei unseren Segelflugzeugen durch deren Vorwärtsbewegung. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen im Windkanal dagegen wird die Luft in Bewegung gesetzt und umfließt das im Verhältnis zur Erde unbewegte Versuchsobjekt, z. B. einen Versuchsflügel oder einen aerodynamisch verkleideten Flugzeugteil. Maßgebend ist also nur der Bewegungsvorgang zwischen Körper (Flugzeug) und Luft, also die Umströmung des Körpers.

#### *Strömungsformen, Stromlinien*

Die Luft, die ein weit unter der Schallgeschwindigkeit ( $c \sim 330 - 340$  m/s) fliegendes Flugzeug umströmt, kann als „nichtzusammendrückbar“ (inkompressibel) gelten und darf daher in bezug auf ihr Verhalten wie eine Flüssigkeit behandelt werden. Dadurch lassen sich viele Zusammenhänge leichter verständlich machen. Weiterhin ist es zeitweilig angebracht, die während der Bewegung zwischen den Flüssigkeits-(Luft)Teilchen auftretenden Reibungskräfte außer acht zu lassen. Eine solche Strömung einer inkompressiblen Flüssigkeit, die praktisch reibungs- und wirbelfrei verläuft, bezeichnen wir oftmals als die Strömung einer idealen Flüssigkeit (Abb. 53). So etwas ist annähernd bei freiströmender Luft kleiner Geschwindigkeiten in hinreichender Entfernung von begrenzenden Wänden der Fall. Herrscht an allen Stellen einer Strömung die gleiche Geschwindigkeit und gleiche Bewegungsrichtung, so nennen wir sie stationär, d. h. gleichbleibend.

Von einer laminaren Strömung sprechen wir dann, wenn die Reibung zwischen den Flüssigkeitsteilchen nicht vernachlässigt werden darf, sondern im Gegenteil das Strömungsbild bestimmt und die Flüssigkeit schichtenweise wirbelfrei fließt (Abb. 54). Man denke dabei an das Fließen solch zäher (große „innere“ Reibung besitzender) Flüssigkeiten wie Öl, Sirup usw. In einer laminaren Strömung nimmt die Fließgeschwindigkeit mit zunehmender Nähe der begrenzenden Wand ab. Quer zur Strömungsrichtung bildet sich ein Geschwindigkeitsgefälle aus. Abb. 55 zeigt ein derartiges Bild der Geschwindigkeitsverteilung in einem Rohr, Strömungsprofil genannt. Die Strö-

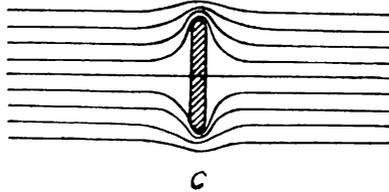
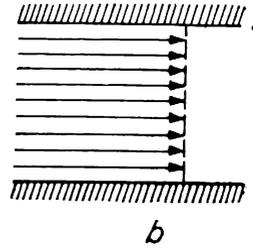
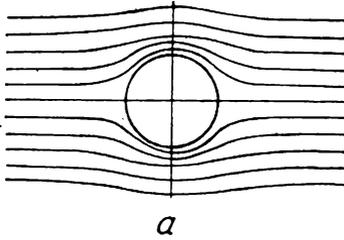


Abb. 53: a) Umströmung eines Zylinders; b) Strömungsprofil;  
c) Umströmung einer Platte, Strömung einer „idealen“ Flüssigkeit

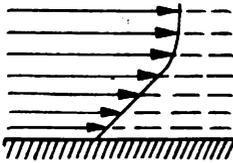


Abb. 54

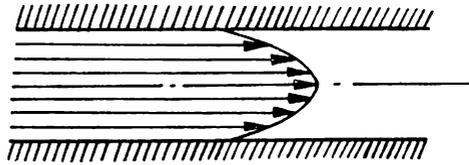


Abb. 55: Strömungsprofil in einem Rohr

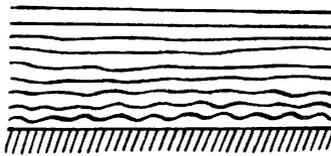


Abb. 56

mungsbilder laminar umströmter Körper ähneln sehr stark den Vorstellungen einer Umströmung durch ideale Flüssigkeiten (Gase) und werden deshalb als Modelle dieser „Strömungen“ benutzt.

Bei fortwährender Geschwindigkeitszunahme schlägt nun in einem bestimmten Augenblick eine zunächst laminar verlaufende Strömung in eine turbulente (wirbelige) um (Abb. 56). Die Flüssigkeits- (Gas-) Teilchen

gleiten nicht mehr gleichmäßig aneinander vorüber, sondern sie wirbeln durcheinander. Man spricht von einer „in sich verwirbelten, durchmischten“ Strömung. Die Reibungskräfte werden durch die Trägheits-(Massen)-Kräfte der Flüssigkeitsteilchen überwunden. Ein derartiges Strömungsbild wird demzufolge in erster Linie durch das Wirken der Trägheitskräfte bestimmt. Bei der Behandlung der Re-Zahl werden wir dieser Problematik nochmals ausführlicher begegnen. Besonders bedeutungsvoll ist der Zustand der Strömung an der Oberfläche umströmter Körper, in den sogenannten „Grenzschichten“. Ein Geschwindigkeitsgefälle in Wandnähe (Grenzschicht), ähnlich wie in der laminaren Strömung, bleibt bei turbulenter Zustand natürlich bestehen, wenn es auch anders geartet ist.

Zum Schluß dieses Abschnittes sei noch der an sich geläufige Begriff der „Stromlinie“ etwas präzisiert: Zur Darstellung einer Strömung benutzen wir ja bekanntlich das sogenannte Stromlinienbild. (In den bisherigen Abbildungen ist das bereits der Fall). Wir erhalten eine Stromlinie, wenn wir die Strömung während eines kurzen Augenblickes betrachten – z. B. fotografische Aufnahme mit kurzer Belichtungszeit – und alle die Punkte verbinden, deren momentane Bewegungsrichtungen sich zu einer Linie zusammensetzen lassen (Abb. 57). Aber nicht nur die jeweilige Richtung der Strömung kann man mit Hilfe der Stromlinien veranschaulichen, sondern

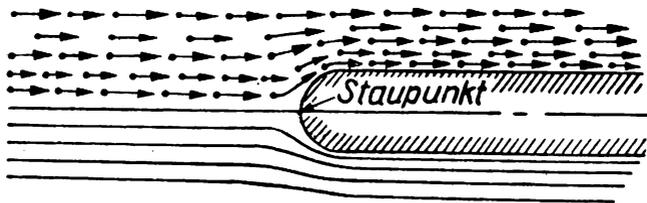


Abb. 57

ihre Darstellung läßt auch Rückschlüsse auf die Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse an den entsprechenden Orten innerhalb einer strömenden Flüssigkeit zu.

#### *Der dynamische Druck*

Trifft strömende Luft oder Flüssigkeit senkrecht gegen eine Wand, so wirkt auf jene Druck-Kraft, für die die Bewegungsenergie der Luft bzw. der Flüssigkeit verantwortlich ist. Wir spüren diesen „Druck“ deutlich beim

Rad- oder Motorradfahren und beim Fliegen mit offenen Flugzeugen (SG 38) auf unseren Körperpartien, vor allem im Gesicht.

Durch ein mit seiner Öffnung der Strömungsrichtung entgegengestellten U-Rohr-Manometer (siehe Abb. 58) kann man die Größe dieses Druckes

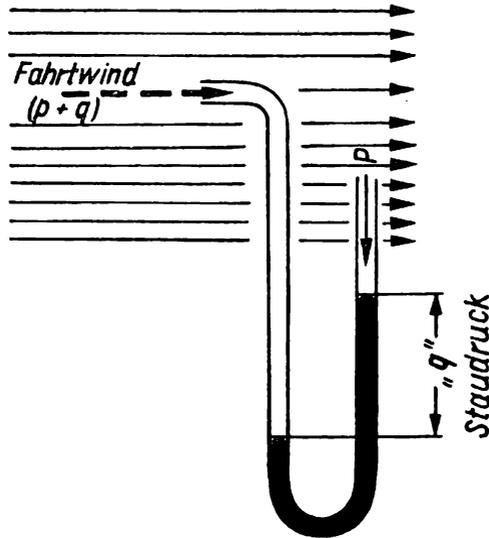


Abb. 58

(= Kraft pro Fläche) ermitteln. Da er von der Bewegung, d. h. der Strömung herrührt, bezeichnet man ihn als dynamischen (Bewegungs-) Druck oder, weil er beim Stauen von Luft oder Flüssigkeiten an Hindernissen in Erscheinung tritt, als Staudruck. Wir wollen künftig für ihn nur den letzteren Begriff, Staudruck, verwenden. Durch Messen läßt sich leicht bestätigen, daß der Staudruck (q) mit zunehmender Geschwindigkeit (v) und größer werdender Dichte (ρ) wächst. Es ergibt sich die Bezeichnung:

$$q = \frac{\rho}{2} v^2 = \frac{\text{kp} \cdot \text{sec}^2 \cdot \text{m}^2}{\text{m}^4 \cdot \text{sec}^2} = \frac{\text{kp}}{\text{m}^2}$$

Zu beachten ist jedoch, daß in Strömungsrichtung nicht nur der Staudruck q, sondern auch der statische Druck (p) herrscht, da ja dieser nach allen Richtungen gleichmäßig wirkt! Bei der Messung muß man darum den statischen Druck p, der quer zur Strömungsrichtung abgenommen wird, dem Gesamt-

druck ( $p + q$ ) entgegenwirken lassen. Auf diese Weise erhält man den Staudruck allein, denn  $(p + q) - p = q!$  Nach diesem Prinzip arbeiten die Staudruckfahrmesser. Die Druckabnahme erfolgt bei ihnen durch ein Prandtl'sches Staurohr und als Meßinstrument dient ein Membrandosenmanometer (Abb. 59).

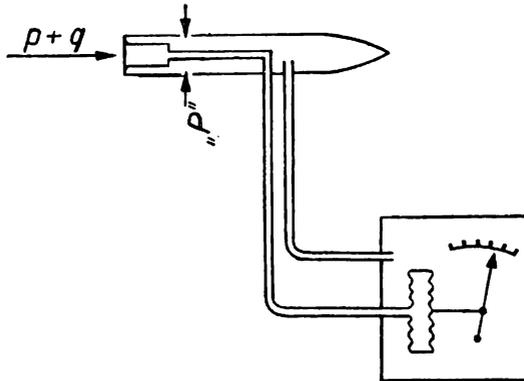


Abb. 59

*Satz und Gleichung von Bernoulli \*)*

Fließt eine Flüssigkeit stationär durch ein Rohr gleichbleibenden Querschnitts, so erscheint es uns selbstverständlich, daß durch jeden Rohrquerschnitt in einem bestimmten Zeitraum die gleiche Flüssigkeitsmenge (Volumen  $V$ ) hindurchtritt. Verengt sich nun der Querschnitt des Rohres, so muß

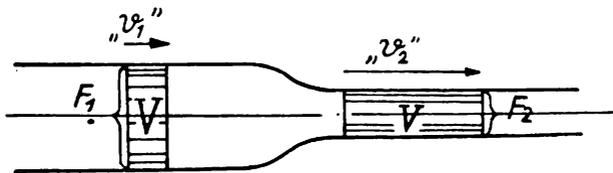


Abb. 60

sich die Strömungsgeschwindigkeit erhöhen, damit das entsprechende Flüssigkeitsvolumen in der gleichen Zeit wie im weiten Teil des Rohres den engeren Querschnitt passieren kann (Abb. 60). Das erfordert unsere Voraussetzung der Inkompressibilität (Nichtzusammendrückbarkeit) einer Flüssigkeit.

\*) Daniel Bernoulli (1700–1782), Professor in Basel

D. h.: Volumen (V) = Rohrquerschnitt (F) · Geschwindigkeit (v).

Für zwei verschiedene Rohrquerschnitte  $F_1$  und  $F_2$  gilt demnach:

$$F_1 \cdot v_1 = F_2 \cdot v_2 \quad \text{oder} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

*„In Röhren verschiedenen Querschnitts verhalten sich bei stationär strömenden Flüssigkeiten die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Rohrquerschnitte.“*

Diesen physikalischen Sachverhalt nutzt man in der Luftfahrt u. a. beim Bau von Windkanälen aus. Die durch den Ventilator angesaugte Luft wird bei ihnen, bevor sie das Versuchsobjekt anströmt, durch eine Düse (Kanalverengung) gedrückt und dadurch beschleunigt.

Schreibt man nun einmal die Staudrucke für zwei gleich große, sich aber durch verschiedene Querschnitte eines Rohrsystems bewegendes Flüssigkeitsvolumen  $V_1$  und  $V_2$  auf, so ergibt sich sofort, daß der Staudruck

$$q_2 = \frac{\rho}{2} v_2^2 \quad \text{größer als} \quad q_1 = \frac{\rho}{2} v_1^2 \quad \text{ist,}$$

da  $v_2$  größer als  $v_1$  ist.

Diese Ergebnisse findet man durch Messungen bestätigt. Mißt man außerdem noch den statischen Druck  $p$  im weiten und engen Rohrteil, so stellt man eine Druckabnahme im Gegensatz zum Staudruck fest. Entlang der Rohrverengung herrscht demzufolge ein Gefälle des statischen Druckes. Dieses ist für die Beschleunigung der Strömung verantwortlich. Die Druckdifferenz von ( $p$ ) zwischen dem weiten und dem engen Teil ist dabei genauso groß wie die der Staudrucke, wie man sich leicht überzeugen kann. Der Versuch liefert uns damit das Ergebnis, daß eine Zunahme des Staudruckes eine gleich große Abnahme des statischen Druckes bedingt und umgekehrt, oder anders ausgedrückt:

Staudruckdifferenz = Differenz des statischen Druckes,

$$\text{d. h.} \quad q_1 - q_2 = p_2 - p_1$$

$$\text{oder} \quad p_1 + q_1 = p_2 + q_2,$$

$$\text{folglich} \quad p + q = \frac{\rho}{2} v^2 + p = \text{constant}$$

Das ist der Satz von Bernoulli.

*„Die Summe aus dem statischen Druck und dem Staudruck ist in der stationären Strömung einer Flüssigkeit unveränderlich.“*

Allgemein entnehmen wir aus diesen Erkenntnissen, daß in strömenden Flüssigkeiten und Gasen in Bereichen höherer Geschwindigkeiten der statische Druck abnimmt und an Stellen niedriger Geschwindigkeiten zunimmt.

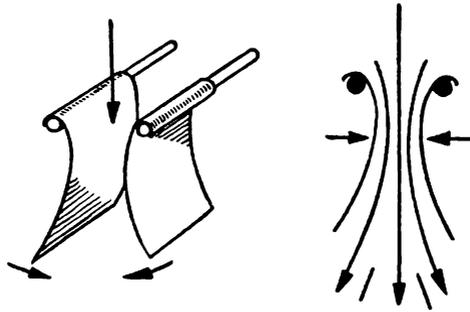


Abb. 61

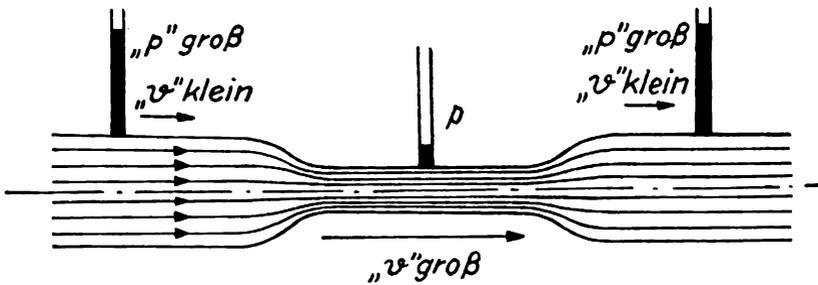


Abb. 62

Diese Wechselwirkungen zwischen statischem Druck und Geschwindigkeit bestehen auch für eine freie Strömung.

Für den Satz von Bernoulli ergeben sich in der Praxis vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Wir kennen beispielsweise das Venturi-Rohr des Unterdruck-Fahrtmessers und die Wendezeiger-Förderdüse. Wie verblüffend manchmal das „Wirken“ des Satzes von Bernoulli sein kann, beweist der bekannte Versuch mit zwei gebogenen Postkarten, die man in geringem Abstand voneinander anbringt (Abb. 61). Bläst man Luft zwischen den beiden Karten hindurch, so nähern sich diese, anstatt wie erwartet, auseinandergedrückt zu werden.

Ehe wir uns nun dem nächsten Thema zuwenden, wollen wir nicht vergessen zu bemerken, daß in einer Stromliniendarstellung zusammengedrückte Stromlinien hohen Staudruck und große Geschwindigkeit (aber kleinen

statischen Druck), weite Stromlinien geringen Staudruck und niedere Geschwindigkeit, dagegen großen statischen Druck veranschaulichen (Abb. 62).

### *Die Umströmung von Körpern, Wirbel, Grenzschichten und Re-Zahl*

Behandeln wir vorerst einmal die Vorgänge während der Umströmung eines Körpers am Beispiel eines Zylinders, den wir einer Flüssigkeitsbewegung aussetzen. Umfließt die Flüssigkeit den Zylinder sehr langsam, so öffnen sich vor ihm im Staupunkt die Stromlinien und schließen sich auf der Rückseite wieder. Alle Flüssigkeitsteilchen können infolge ihrer geringen Geschwindigkeit gleichmäßig aneinander vorbeigleiten und werden nicht plötzlich voneinander losgerissen. Der Zylinder wird demnach laminar umströmt. Steigern wir die Strömungsgeschwindigkeit, so fügen sich die Stromlinien nicht mehr harmonisch zusammen, sondern die Strömung löst sich, wie es in der Fachsprache heißt, von der Oberfläche ab, und es entsteht eine Wirbelstraße auf der Rückseite des Zylinders. Die Staubwolken hinter Straßenfahrzeugen liefern uns dafür in der Praxis ein anschauliches Beispiel. Mit Hilfe eines Rauchwindkanales – alle Bezirksvorstände der GST besitzen einen – lassen sich diese Vorgänge während der Umströmung eines Körpers gut demonstrieren.

Welche Erscheinung bezeichnen wir nun als Wirbel? Wir verstehen darunter im täglichen Sprachgebrauch eine rotierende, d. h. sich „drehende“ Flüssigkeits-(Luft)-Menge, oder genauer, es ist eine Flüssigkeitsbewegung, bei der die Stromlinien in sich geschlossen sind, z. B. Kreise bilden, und deren Zentrum sich dreht (Abb. 63). Dieses Zentrum nennen wir den Wirbelkern.

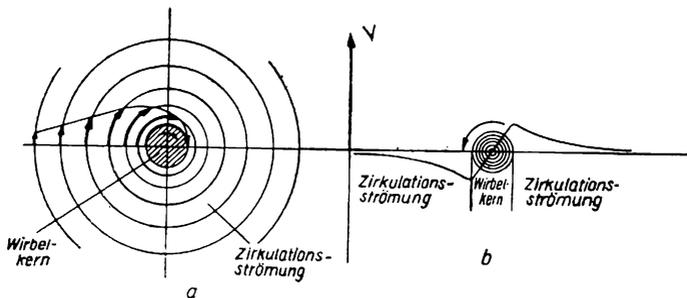


Abb. 63

- a) Zurückgelegte Wege der Teilchen eines Wirbels  
 b) Verteilung der Geschwindigkeit innerhalb und außerhalb eines Wirbelkernes

Er ist von der sogenannten „Zirkulationsströmung“ umgeben (zirkulieren = kreisen), die mit zunehmender Entfernung vom Wirbelkern durch die innere Reibung der Flüssigkeit abgebremst wird. Die innere Reibung sorgt übrigens dafür, indem sie die Wirbelenergie aufzehrt, daß sich die Flüssigkeit wieder glättet. Wichtig ist zu wissen, daß die Wirbel immer paarweise auftreten, d. h., daß auf einen rechtsdrehenden ein linksdrehender Wirbel folgt (Abb. 64).

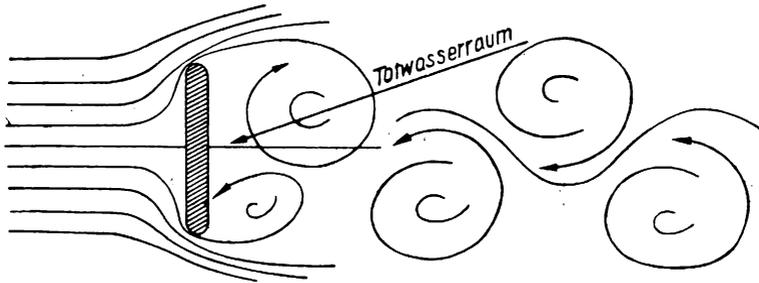


Abb. 64

Der Begriff „Grenzschicht“ wurde bereits erwähnt. Mit diesem Namen sind die Flüssigkeitsschichten an der Oberfläche eines Körpers – an einer begrenzenden Wand – gekennzeichnet, die den Geschwindigkeitsübergang zwischen der vollen Geschwindigkeit der freien Strömung und den an der Wand in Ruhe befindlichen Flüssigkeitsteilchen darstellen. Dieser Geschwindigkeitsübergang erfolgt jedoch nicht mit der vollen Strömungsgeschwindigkeit, sondern die Vorwärtsbewegung der Flüssigkeitsteilchen (Schichten) vergrößert sich, wie schon früher erwähnt, mit wachsendem Abstand von der Körperwand. Es bildet sich, wenn man einmal so sagen will, zwischen der freien Strömung (die man sich sinnbildlich einmal als festen Körper vorstellen kann, der an einem anderen vorbeigleitet) und der festen Wand ein „Schmierfilm“, in dem sich die Reibungsvorgänge abspielen (Abb. 65). Von dem Zustand – laminar oder turbulent –, d. h. von der Zähigkeit (inneren Reibung), von der Strömungsgeschwindigkeit und von der Beschaffenheit der Körperoberfläche oder, anders ausgedrückt, von der Reynoldsschen Zahl (s. u.) hängt u. a. die Dicke einer Grenzschicht ab. Bei Flüssigkeiten geringer Zähigkeit und bei Gasen ist sie relativ dünn. Eine laminare Grenzschicht erreicht in Luft höchstens eine Dicke von einigen

Millimetern, eine turbulente dagegen ist bedeutend stärker, oft einige Zentimeter bzw. sogar Dezimeter stark. Ob die Grenzschicht laminar oder turbulent ist, ist sehr bedeutungsvoll für die Umströmung eines Körpers, beispielsweise eines Tragflügels.

Laminare Grenzschichten ergeben einen kleineren Reibungswiderstand als turbulente, jedoch lösen sie sich infolge ihrer verhältnismäßig geringen Bewegungsenergie leicht von der Oberfläche eines umströmten Körpers ab und zerfallen in Wirbel. Hinter der Ablösungsstelle bildet sich dann ein „Totwassergebiet“ (Abb. 64), dem eine Wirbelschlepe folgt. Das „Abreißen“ der Strömung kann man mit Hilfe einer turbulenten Grenzschicht vermeiden oder zumindest hinauszögern. Die Ursache dafür ist in deren höherem Energiegehalt und in ihrem Vermögen, von der Außenströmung Energie aufzunehmen, zu suchen.

In der Praxis haben wir vielfach den Fall, daß eine zunächst laminare Grenzschicht von einer bestimmten Stelle des zurückzulegenden Weges an, „Umschlagpunkt“ genannt, turbulent wird und die Gefahr des zu frühen Abreisens der Strömung gebannt ist (Abb. 66).

An früherer Stelle war schon erläutert worden, daß der Zustand einer Strömung von den in ihr jeweils vorherrschenden Kräften (Reibungs- oder Trägheits-[Massen-] Kräften) abhängt. Welche Art der Kräfte nun maßge-

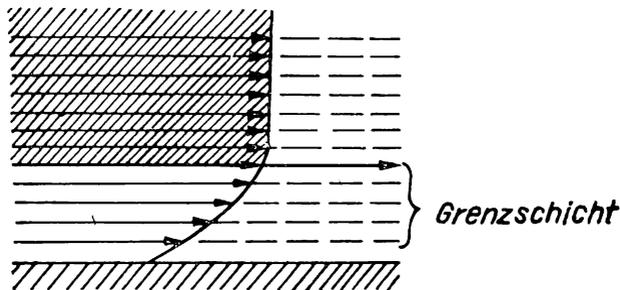


Abb. 65

bend ist, bestimmt das Zusammenwirken solcher Faktoren wie der Strömungsgeschwindigkeit ( $v$ ), der für die Strömung charakteristischen Länge ( $l$ ) des Körpers (z. B. Profiltiefe  $t$ ) und der kinematischen Zähigkeit ( $\nu$ ) (Das ist das Verhältnis von Zähigkeit zur Dichte der Flüssigkeit). Der deutsche Physiker Helmholtz und der englische Physiker Reynolds fanden, daß diese

Größen, wenn man sie in geeigneten mathematischen Zusammenhang bringt, die Strömungsverhältnisse an einem Körper eindeutig kennzeichnen. Diese mathematische Bezeichnung ist allgemein als Re-(Reynoldssche) Zahl bekannt und wird häufig als Ähnlichkeitssatz der Aero- (Hydro-) Dynamik bezeichnet.

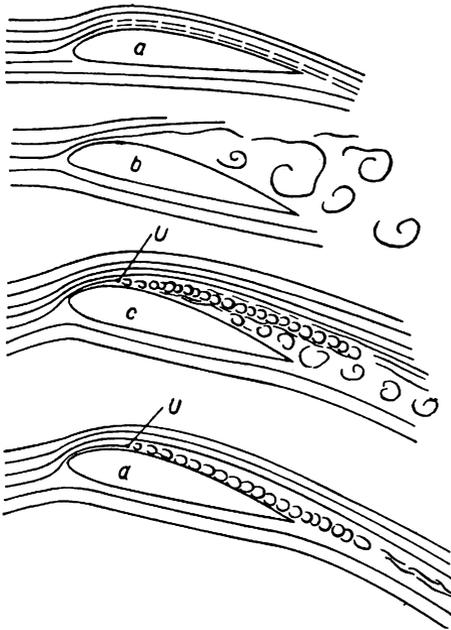


Abb. 66

- a) Laminarer Grenzschichtverlauf  
 $Re < Re_{krit}$
  - b) Abgerissene Oberseitenströmung bei größerem Anstellwinkel  
 $Re < Re_{krit}$
  - c) Durch die Erhöhung der Geschwindigkeit wird die Grenzschicht turbulent  
 $Re > Re_{krit}$
  - d) Wieder anliegende, jetzt turbulente Grenzschicht  
 $Re > Re_{krit}$
- $U =$  Umschlagpunkt

Sie lautet:  $Re = \frac{v \cdot l}{\nu}$   $v =$  Strömungsgeschwindigkeit  
 $l =$  charakteristische Länge  
 $\nu =$  kinematische Zähigkeit

oder für den Tragflügel  $l = t$  (Profiltiefe):

$$Re = \frac{v \cdot t}{\nu} \left[ \frac{\text{cm/sec} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2/\text{sec}} \right] = \left[ \frac{\text{cm}}{\text{cm}} \right] = \text{dimensionslos}$$

„Die Reynoldssche Zahl ist das Verhältnis von Trägheitskräften zu Reibungskräften.“

Sie ist dimensionslos. Je nach der Größe der Re-Zahl entscheiden die einen oder die anderen Kräfte über den Strömungszustand.

Der Modellflieger weiß z. B., daß dieses oder jenes Profil für den Tragflügel seines Modells erst bei einer bestimmten Re-Zahl „turbulent“ wird. Weiterhin folgt, daß

*an zwei geometrisch ähnlichen aber ihrer Größe nach verschiedenen Körpern nur dann gleiche Strömungsverhältnisse herrschen, wenn die Re-Zahlen gleich sind.*

Das heißt: Ein Tragflügel, der bei gleichem Profil und entsprechender geometrischer Ähnlichkeit nur ein Drittel der Profiltiefe eines anderen besitzt, muß mit einer dreimal größeren Geschwindigkeit angeblasen werden, wenn er mit Hilfe gleicher Re-Zahl die gleichen Auftriebsbeiwerte wie der andere erzielen soll ( $\nu$  sei in beiden Fällen gleich).

Ein Beispiel:

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 150 \text{ cm} & v_1 &= 10 \text{ m/sec} = 1000 \text{ cm/sec}, \\
 t_2 &= 50 \text{ cm} & v_2 &= ? \text{ m/sec}; = ? \text{ cm/sec} \\
 \text{Re} &= \frac{v_1 \cdot t_1}{\nu} = \frac{1000 \cdot 150}{\nu^{1/7}} = 1\,050\,000 \\
 v_2 &= \frac{\text{Re} \cdot \nu}{t_2} = \frac{1\,050\,000 \cdot \nu^{1/7}}{50} = 3000 \frac{\text{cm}}{\text{sec}} = 30 \text{ m/sec.} \\
 &\text{dabei } \nu = 0,143 = \nu^{1/7} \text{ cm}^2/\text{sec}
 \end{aligned}$$

Da nun im allgemeinen die kinematische Zähigkeit als konstant betrachtet wird ( $\nu = 0,143 = \nu^{1/7} \text{ cm}^2/\text{sec}$ ), bedient man sich in der Luftfahrttechnik statt der Reynoldsschen Zahl vielfach des Kennwertes  $E = v \cdot t$ . Hierbei wird  $t$  in mm und  $v$  in m/sec eingesetzt.

Es gilt dann:

$$\text{Re} = 70 \cdot E$$

Schließlich sei noch erwähnt, daß man im Zusammenhang mit den Strömungszuständen drei Re-Zahl-Bereiche unterscheidet:

1. den unterkritischen Bereich, innerhalb dessen die Strömungsgeschwindigkeiten relativ gering und die Grenzschicht laminar sind,
2. den kritischen Bereich, bei dem die laminare Grenzschicht in den turbulenten Zustand umschlägt und
3. den überkritischen Bereich, innerhalb dessen die Strömungsgeschwindigkeit relativ groß und die Grenzschicht turbulent ist.

Die sich bei 2. ergebende Re-Zahl bezeichnet man als die kritische Re-Zahl. Entsprechend dieser Festlegung ergibt sich:

- zu 1.: Re ist kleiner als  $Re_{krit}$ ,
- zu 2.: Re ist gleich  $Re_{krit}$ ,
- zu 3.: Re ist größer als  $Re_{krit}$ .

### *Der Strömungswiderstand*

Bewegt sich ein Körper in einer Flüssigkeit, so wirkt auf ihn entgegen seiner Bewegungsrichtung eine Kraft, der Strömungs- oder dynamische Widerstand. Es wurde bereits hervorgehoben, daß es bei Strömungsvorgängen nur auf die Tatsache der Umströmung eines Körpers durch eine Flüssigkeit bzw. durch ein Gas ankommt. Es ist daher gleichgültig, ob sich ein Körper (z. B. eine Kugel) selbst innerhalb einer Flüssigkeit bewegt, oder ob er ruht und von dieser angeströmt wird. Immer verursacht er einen Strömungswiderstand. Im speziellen Fall einer Umströmung durch Luft bezeichnet man diesen Widerstand meist als „Luftwiderstand“<sup>\*)</sup>. Die Größe des Strömungswiderstandes ist abhängig:

- a) vom Staudruck  $q = \frac{\rho}{2} v^2$
- b) von der Stirnfläche  $f^{**}$  des Körpers und
- c) von einer Zahl, dem sogenannten Widerstandsbeiwert  $c_w$ .

Weil es nun bei der Ermittlung der Größe des Strömungswiderstandes darum geht, die auf den Körper wirkende Gesamtkraft in Strömungsrichtung (d. h. entgegen der Bewegungsrichtung des Körpers) zu ermitteln, liegt es nahe, für die Widerstandsgröße die Beziehung:

Widerstand (W) = Staudruck (q) · Stirnfläche (f) anzunehmen, da der Staudruck q als Kraft pro Fläche in Verbindung mit der Stirnfläche f wirkt, wie aus den Darlegungen über den dynamischen Druck zu ersehen ist. Man kann sich davon anschaulich beim Ankämpfen gegen den Wind überzeugen. Werden nun Widerstandsmessungen an verschieden geformten Körpern durchgeführt, so findet man, daß die gemessenen Werte nicht mit den aus obiger Formel errechneten übereinstimmen. Es ergeben sich je nach Form und der der Strömung zugewandten Seite des Körpers erhebliche Ab-

<sup>\*)</sup> Oft auch aerodynamischer Widerstand genannt.

<sup>\*\*)</sup> Unter Stirnfläche (f) verstehen wir den größten zur Strömungsrichtung senkrechten Querschnitt eines Körpers.

weichungen (Abb. 67). Bei einer nach vorn offenen hohlen Halbkugel (Fallschirm!) zeigt sich, daß ihr Widerstand viel größer ist als der aus obiger Formel errechnete Wert. Wird jetzt diese Halbkugel um 180° gedreht, so daß sich ihre Öffnung auf der der Strömung abgewandten Seite befindet, so erhält man als tatsächlichen Widerstand viel weniger, nämlich nur ein Drittel von dem nach Formel errechneten. Die Ursache dafür ist die mehr oder weniger starke Wirbelschlepe hinter der Halbkugel, die eine Druckdifferenz zwischen Vorder- und Rückseite des Körpers auslöst. Von Bedeutung für die Größe des Strömungswiderstandes ist demnach neben dem Staudruck und der Stirnfläche die Form des Körpers. Schließlich ist noch zu erwähnen, daß auch die Oberflächenglätte des Körpers nicht unberücksichtigt bleiben darf, denn die Reibung hat gleichfalls einen wichtigen Anteil am Widerstand. Um nun die Größe des Widerstandes eindeutig durch Rechnung bestimmen zu können, erweitert man die Beziehungen  $W = q \cdot f$  durch einen weiteren Faktor  $c_w$ , den wir Widerstandsbeiwert (Koeffizient) nennen und der in erster Linie von der Form des angeströmten Körpers abhängt. Es gilt somit:

$$W = q \cdot f \cdot c_w$$

Der Widerstandsbeiwert  $c_w$  ist eine reine Zahl, d. h., er ist dimensionslos. Für jede Körperform kann man einen solchen Beiwert ermitteln. Die Abb. 67 zeigt verschiedene Körperformen mit den dazugehörigen Widerstandsbeiwerten. Interessant ist, einmal den Widerstand des sogenannten „Stromlinienkörpers“, der das kleinste  $c_w$  hat, gleich 1 zu setzen und die anderen Körper damit zu vergleichen. Bei gleicher Stirnfläche  $f$  ist z. B. der Widerstand der mit ihrer Öffnung der Strömung zugekehrten Halbkugel, die den größten Widerstandsbeiwert aufweist, rund dreiundzwanzigmal größer. Man erkennt daran, wie wichtig äußerste Sorgfalt bei der Formgebung von Flugzeugen, vor allem von Segelflugzeugen, ist.

Den Widerstand  $W$  unterteilen wir noch nach seinen Hauptanteilen:

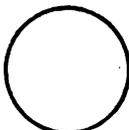
1. Form- oder Druckwiderstand
2. Oberflächen- oder Reibungswiderstand.

Dementsprechend kann man zwei Widerstandsbeiwerte festlegen: einen, der nur von der Form ( $c_{wp}$ ) und einen, der nur von der Reibung ( $c_{wr}$ ) abhängt;  $c_w$  ist dann die Summe aus beiden:

$$c_{wp} + c_{wr} = c_w$$

Daraus folgt:

$$W = q \cdot f \cdot (c_{wp} + c_{wr})$$

Widerstandsbeiwerte und -verhältnisse von Körpern gleichen Querschnittes			
Anblasrichtung	Figur	$C_w$	Luftwiderstandsverhältnis
↑	 Offene Halbkugel	1,33	 23,5
↑	 Kreisplatte	1,1	 19,8
↑	 Kugel	~0,47	 8,3

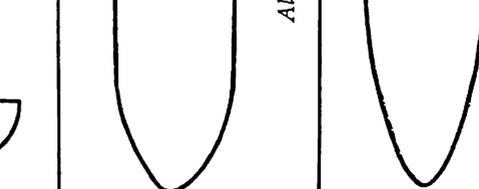
Anblasrichtung	Figur	$C_w$	Luftwiderstandsverhältnis
↑	<p data-bbox="333 458 360 592">Offene Halbkugel</p> 	0,34	 6,0
↑	 <p data-bbox="680 813 707 1050">Altes Zeppelin-Luftschiff</p>	~0,12	 2,1
↑	 <p data-bbox="920 828 943 993">Stromlinienkörper</p>	~0,055	 1,0

Abb. 67

Bei der Entwicklung eines Flugzeuges steht vor dem Konstrukteur in der Regel immer die Aufgabe, für kleinsten Luftwiderstand zu sorgen, um gute Flugleistungen zu erzielen. Meist kann dieser Forderung aus Wirtschaftlichkeit nur bis zu einem gewissen Grad entsprochen werden. Viele für ihre Erfüllung notwendigen konstruktiven und baulichen Maßnahmen sind mit hohem Material-, Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. Ein Vergleich zwischen dem „Baby II b“ und der „Jaskolka“ führt uns das sehr eindringlich vor Augen. Beim „Baby II b“ wurde großer Wert auf billige und einfache Bauweise gelegt. Die Leistungen sind im Verhältnis zur „Jaskolka“ bescheiden, reichen jedoch für den Verwendungszweck als Übungssegler aus. Der runde Rumpf, die flüssigen Formen, die schmalen Flügel, die sich harmonisch eingliedernde Haube und nicht zuletzt das einziehbare Rad der „Jaskolka“ erfordern eine viel höhere Qualifikation der Arbeiter, eine größere Anzahl von Arbeitsstunden, besseres und mehr Material, Spezialwerkstoffe (z. B. Plexiglas) und damit verbunden höhere Kosten als der eckige Rumpf, die schlichten Formen, die abgestrebten Flügel, die nur mit einem Windschutz versehene Haube und die einfache Kufe des „Baby II b“.

Um den Luftwiderstand eines Flugzeuges klein zu halten, gilt es also darauf zu achten, daß

- a) für alle der Strömung ausgesetzten Teile geringe Querschnitte (Stirnflächen) erzielt,
- b) durch geeignete Formgebung (Stromlinienform) jegliche Wirbel (Form- bzw. Druckwiderstand) und
- c) durch glatte beulenfreie und stetig verlaufende Oberflächen große Energie zehrende Grenzschichtdicken (Oberflächen- bzw. Reibungswiderstand) vermieden werden.
- d) Ferner ist es zweckmäßig, die Gesamtoberfläche des Flugzeuges in engen Grenzen zu halten.

In besonderen Fällen, z. B. bei Flugzeugen, die für Höchstleistungen (Rekordflüge) eingesetzt werden sollen, werden alle technischen Möglichkeiten ausgeschöpft. Man wendet bei ihnen „Laminar-Profil“ (Abb. 68) an; d. h., der Konstrukteur verlegt die größten Dicken der angeströmten Teile (z. B. Tragflügel) soweit wie möglich nach hinten, um deren vordere Partien nur schwach zu krümmen. Bei der Fertigung ist es dann unbedingt erforderlich, durch sorgfältiges Polieren extremglatte und gleichmäßige Oberflächen zu schaffen und die vorgeschriebenen Umrißformen während der Bearbeitung genauestens einzuhalten. Diese Maßnahmen bewirken, daß die Grenzschicht

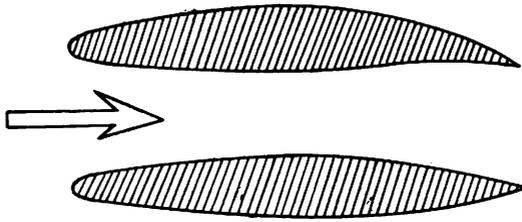


Abb. 68: Laminar-Profile

über eine möglichst lange Strecke laminar bleibt und erst in dem Bereich, wo Abreißgefahr besteht, in den turbulenten Zustand übergeht (Abb 69). Das hat eine beträchtliche Oberflächen-Widerstandsverringering zur Folge, denn die Grenzschichtkräfte in einer laminaren Grenzschicht sind wesentlich kleiner als die in einer turbulenten, die einen höheren Energieaufwand (s. o.) benötigt. Auf solche Weise läßt sich der Gesamtwiderstand eines Flugzeuges auf ein Mindestmaß herabsetzen. – Das „Frisieren“ eines Flugzeuges verfolgt gleichfalls den Zweck, den Widerstand zu verringern, um die Leistungen zu verbessern. In dieser Richtung liegt auch das Ausstatten des „Baby II b“ mit einer geschlossenen Haube.

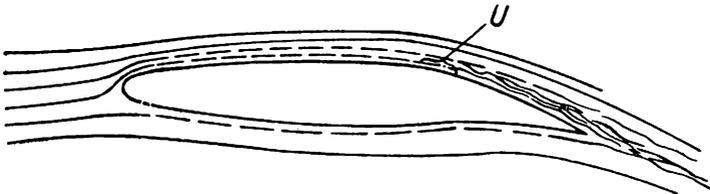


Abb. 69

Für die Berechnung des Widerstandes eines Tragflügels ist noch nachzutragen: Als Widerstandsfläche geht nicht die Stirnfläche ( $f$ ), sondern die Fläche des Tragflügels ( $F$ ) (Grundriß) in die Widerstandsformel ein! Diese lautet dann:

$$W = q \cdot F \cdot c_w,$$

wobei der Widerstandsbeiwert  $c_w$  jetzt auf  $F$  bezogen wird!

Abschließend sei noch bemerkt, daß wir bei der Besprechung des Tragflügels noch eine dritte spezielle Art des Widerstandes, den induzierten Widerstand, kennenlernen, die als Folge der Auftriebserzeugung auftritt.

## Der dynamische Auftrieb

Zum leichteren Verständnis wollen wir das Zustandekommen des dynamischen Auftriebs zuerst am Beispiel eines Zylinders behandeln (Abb. 70). Die Abb. 70a zeigt die Parallelströmung um einen ruhenden Zylinder. Versetzt man ihn bei unbewegter Flüssigkeit in Drehung, so geraten die benachbarten Flüssigkeitsschichten (Grenzschichten) infolge der Reibung – sie werden von der Zylinderoberfläche mitgerissen – in kreisende Bewegung. Es bildet sich eine reine Zirkulationsströmung mit dem Zylinder als Kern aus. Das zugehörige Strömungsbild finden wir in der Abb. 70 b. Rotiert der Zylinder schließlich in einer strömenden Flüssigkeit, so überlagern sich Parallel- und Zirkulationsströmung, und es ergibt sich eine resultierende Strömung, wie sie uns die Abb. 70 c zeigt.

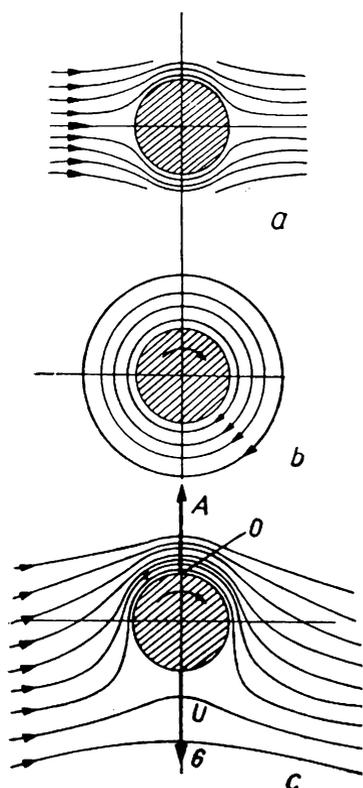


Abb. 70 a, b, c

Infolge gleicher Richtungen addieren sich oberhalb des Zylinders an der Stelle O die Geschwindigkeiten der beiden Strömungen. Unterhalb dagegen subtrahieren sie sich, da die Zirkulationsströmung dort der Parallelströmung entgegenwirkt. Die Überlagerung der beiden Strömungen ergibt: im Gebiet O eine größere Geschwindigkeit (zusammengedrückte Stromlinien) als die der einfachen Parallelströmung und im Gebiet U eine kleinere Geschwindigkeit (aufgeweitete Stromlinien). Erinnern wir uns jetzt an das, was bereits über den Satz von Bernoulli gesagt wurde, so wird uns sofort verständlich, daß oberhalb des Zylinders im Bereich der hohen Geschwindigkeit, ein Unterdruck und unterhalb, im Bereich der kleinen Geschwindigkeit, ein Überdruck vorhanden sein muß. Diese Druckdifferenz verursacht eine Kraft senkrecht zur Anblasrichtung (siehe Skizze) nach der Seite des Unterdruckes zu, die man allgemein Quertrieb nennt.

Ordnen wir den Zylinder mit seiner Achse parallel zur Erdoberfläche an und lassen die Strömung so auftreffen, daß der Quertrieb nach oben gerichtet ist, dann wirkt dieser dem Gewicht  $G$  des Zylinders entgegen. Wir dürfen ihn darum auch als Auftrieb  $A$  bezeichnen. Wir begegnen hier einer Auftriebsart, die durch eine bestimmte Umströmung eines Körpers — in unserem Fall eines Zylinders — entsteht. Es handelt sich um den bereits erwähnten dynamischen Auftrieb.

Blättern wir einmal zurück und vergleichen wir die Abb. 70 b mit der Abb. 63, so finden wir zwischen beiden eine auffällige Ähnlichkeit. Der Wirbelkern in der Abb. 63 wird praktisch durch den rotierenden festen Zylinder ersetzt, so daß man die Erscheinung der um einen rotierenden

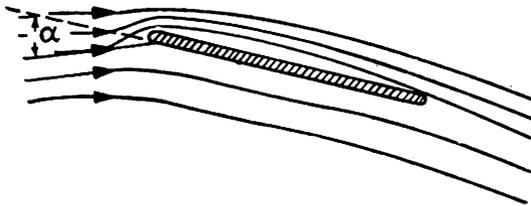


Abb. 71

Zylinder kreisenden Flüssigkeit als einen sogenannten „Zirkulationswirbel“ deuten kann. Wir finden als Resultat der vorangegangenen Betrachtungen:

*Die Entstehung des dynamischen Auftriebes beruht auf der Bildung und dem Vorhandensein einer Zirkulationsbewegung, im allgemeinen nur „Zirkulation“ genannt, und auf der Überlagerung dieser Flüssigkeitsbewegung mit einer Parallelströmung.*

Die Aufgabe eines Tragflügels besteht demnach darin, innerhalb einer Strömung eine Zirkulation zu erzeugen und diese der Parallelströmung zu überlagern.

Bereits mit Hilfe einer gegenüber der Strömung leicht schräg gestellten ebenen Platte (Abb. 71) können wir diesen Vorgang verwirklichen. Nur liefern ebene Platten als Tragflügel keinen allzu großen Auftrieb und besitzen noch andere Nachteile. Erheblich bessere Ergebnisse erzielt man,

wenn Tragflügel in Anblasrichtung gewölbt oder mit einem der Tropfenform ähnlichen Querschnitt (Profil) versehen werden (Abb. 72).

Es ist das besondere Verdienst der beiden Forscher und Pioniere der Luftfahrt O. Lilienthal und N. Shukowsky, diese Tatsache bereits frühzeitig erkannt, darauf gebaut und hingewiesen zu haben. Ihre Erkenntnisse der Tragflügelgestaltung leiten das stürmische Vorwärtsschreiten der Flugtechnik der folgenden Jahrzehnte ein.

Im Anschluß an die vorangegangenen Ausführungen erhebt sich nun die Frage: Wie läßt sich das Zustandekommen der Zirkulation an einem festen, mit einem Profil versehenen Tragflügel erklären? Es ist nicht möglich, im Rahmen dieses Beitrages eine gründliche Erläuterung dieser äußerst komplizierten Vorgänge zu geben; vor allem, wenn man bedenkt, daß es über



Abb. 72

die Art und Weise der Entstehung des dynamischen Auftriebes verschiedene Darlegungen gibt. Wir wollen uns daher beschränken und uns weiterhin an Gedankengänge des Physikers Ludwig Prandtl, von ihm stammt auch die Grenzschichttheorie, anlehnen. Die Abb. 73 zeigt uns schematisch die einzelnen Stadien der Zirkulationsentstehung. Strömt die Luft einen Flügel unter einem kleinen Winkel ( $\alpha$ ), den wir Anstellwinkel nennen (vgl. Abb. 76), an, so teilt sie sich vor dem Flügel und fließt hinter ihm wieder zusammen. An der Hinterkante des Tragflügels, wo die beiden Luftströme der Ober- und Unterseite aufeinandertreffen, bildet sich nach Beginn des Anströmens ein Wirbel, Anfahrwirbel genannt, der sich nach oben einrollt und dann mit der Strömung wegschwimmt. Da nun, wie wir wissen, Wirbel immer paarweise auftreten, so muß noch ein dem Anfahrwinkel entgegengerichteter vorhanden sein. Jener existiert in der Gestalt einer Zirkulationsströmung um den Tragflügel. – Auf der Ober- und Unterseite addieren bzw. subtrahieren sich jetzt wieder die Geschwindig-

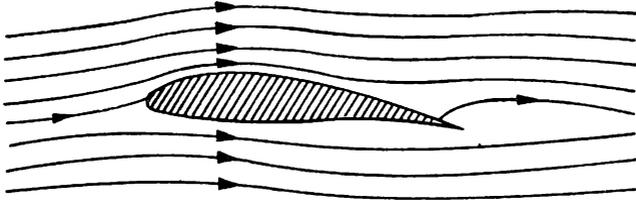


Abb. 73 a: Strömung ohne Auftrieb

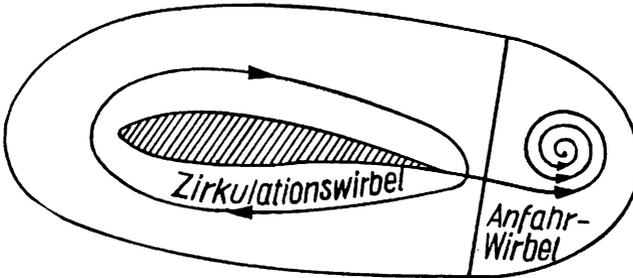


Abb. 73 b: Schematische Darstellung von Anfahr- und Zirkulationswirbel

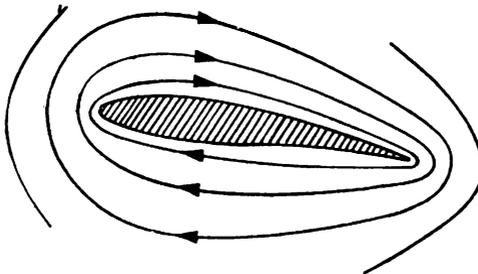


Abb. 73 c: Zirkulationsströmung

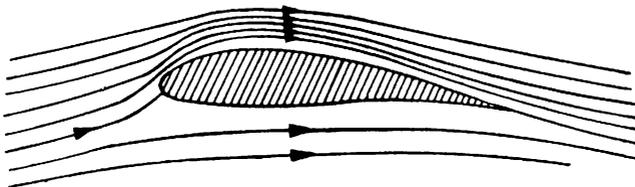


Abb. 73 d: resultierende mit Auftrieb

keiten analog dem rotierenden Zylinder. In gleicher Weise wie dort wird eine Druckdifferenz hervorgerufen, die wiederum den nach oben gerichteten Auftrieb zur Folge hat. Fragen wir nach der Größe des Auftriebes, den ein Tragflügel erzeugen kann, so finden wir eine Beziehung, die der für den Strömungswiderstand sehr ähnelt. Sie lautet:

$$A = q \cdot F \cdot c_a$$

Aus ihr folgt die Abhängigkeit des Auftriebes vom Staudruck  $q$ , von der Tragflügelfläche  $F$  und wiederum von einem Beiwert, dem Auftriebsbeiwert  $c_a$ .

### Die Kräfte am Tragflügel

#### *Gleichgewicht von A, W und G*

An einem Tragflügel bestimmter Abmessungen und Formgebung entstehen in der oben beschriebenen Weise während des Fluges die Luftkräfte Auftrieb ( $A$ ) und Widerstand ( $W$ ). Nach unten, senkrecht zur Erdoberfläche greift das Gewicht ( $G$ ) des Flugzeuges an. Zur besseren Übersicht und zur Vereinfachung kann man das Wirken der Kräfte  $A$  und  $W$  in einem Punkt annehmen, ähnlich wie man sich das Gewicht eines Körpers im Schwerpunkt ( $S$ ) angreifend vorstellt (Abb. 74 u. 75). Bei der Betrachtung eines Flügelschnittes (Profil) sprechen wir dann von einem Druckmittelpunkt und, bezogen auf den ganzen Flügel, von einem Luftkraft-Mittelpunkt. Durch Zusammensetzen von  $A$  und  $W$  nach dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte erhalten wir eine resultierende Luftkraft  $L_{res}$ ; die im stationären, d. h. unbeschleunigten Flug dem Gewicht  $G$  des Flugzeuges das Gleichgewicht halten muß. Wie die Abb. 74 zeigt, sind  $L_{res}$  und  $G$  einander entgegengesetzt und liegen auf einer Linie. Dadurch und durch ihre gleiche Länge ist der Gleichgewichtsfall ausgedrückt.  $G$  kann, wie es in der Abb. 74 noch ausgeführt ist, in zwei Teilkkräfte (Komponenten) zerlegt werden. Für die Richtung der einen Teilkraft ( $V$ ) ist die entgegengesetzte von  $W$  gewählt und für die der anderen ( $G'$ ) die entgegengesetzte Richtung von  $A$ .

Diese Zerlegung von  $G$  in  $V$  und  $G'$  veranschaulicht, daß beim stationären Gleitflug der zur Überwindung des Widerstandes notwendige Vortrieb durch das Gewicht des Flugzeuges erzeugt wird. Damit ist die Vorwärtsbewegung eines Segelflugzeuges, das keine besondere Antriebsquelle (z. B. Motor) besitzt, erklärt.

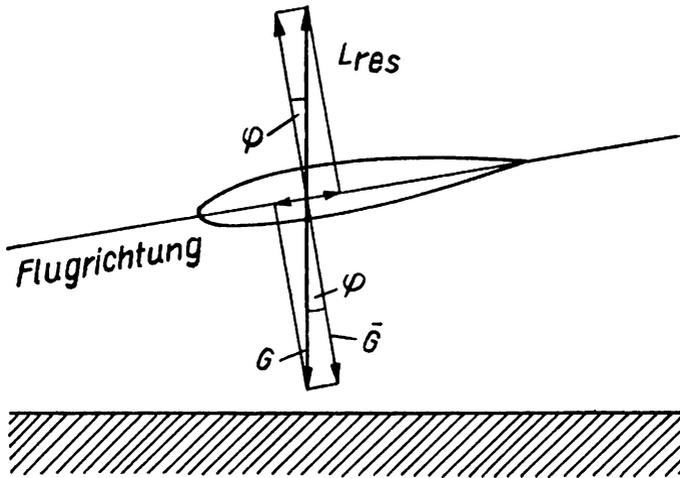


Abb. 74

### Gleitzahl und Steigzahl

Setzen wir den Widerstand  $W$  und den Auftrieb  $A$  zueinander in das Verhältnis  $W : A$ , so erhalten wir die Gleitzahl  $\operatorname{tg} \varphi^*) = \varepsilon^{**})$  des Tragflügels, bzw., wenn  $W$  der Gesamtwiderstand ist, des Flugzeuges. Verschiedentlich bezeichnet man die Gleitzahl  $\varepsilon$  auch als Gleitverhältnis. Je kleiner der Widerstand  $W$  und je größer der Auftrieb  $A$  eines Flugzeuges, um so besser ist dann seine Gleitzahl; denn  $W : A$  ist auch gleich  $h : a$ , d. h. dem Verhältnis von Flughöhe ( $h$ ) zu der aus dieser Höhe erreichbaren Strecke ( $a$ ). Die Gleitzahl besagt beispielsweise, daß das Segelflugzeug „Meise“ im günstigsten Falle (bei Windstille) aus 1000 m Höhe eine geradlinige Strecke von 25 km zurücklegen kann, da es eine optimale Gleitzahl von 1 : 25 besitzt (vgl. Abb. 75). Es gibt heute Segelflugzeuge, die Gleitzahlen von 1 : 40 bis 1 : 45 haben. Hierbei sei u. a. an den jugoslawischen Hochleistungssegler „Meteor“ mit einem Gleitverhältnis von 1 : 42 erinnert. Solche Flugzeuge sind „eine Klasse“ für sich, dementsprechend teuer und können darum nur in wenigen Exemplaren hergestellt werden. (Vergleiche auch das unter „Der Strömungswiderstand“ Gesagte.) Gleitzahlen von 1 : 30 bis 1 : 34 dagegen kann man schon mit guten serienmäßigen Hochleistungs-Segelflugzeugen erreichen.

\*)  $\operatorname{tg} \varphi$  (sprich: tangens phi)

\*\*\*)  $\varepsilon = \text{epsilon}$

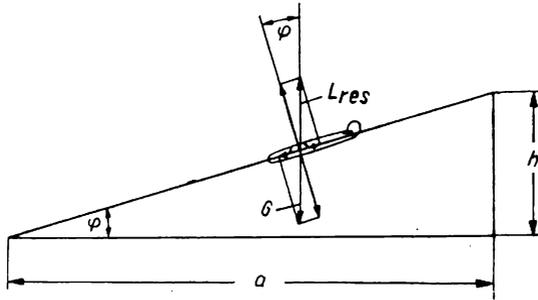


Abb. 75

Ohne es bisher auszusprechen, haben wir das Verhältnis von  $W : A = h : a$  als eine aerodynamische Gütezahl eines Flugzeuges – besonders eines Segelflugzeuges – erkannt. Als eine weitere Gütezahl kann man das Verhältnis von  $A^3 : W^2$  ansehen. Dieses Verhältnis, oft „Steigzahl“ genannt, bestimmt neben der Flächenbelastung\*) entscheidend die Größe der Sinkgeschwindigkeit. Sie ist um so kleiner, je größer die „Steigzahl“ ist. Auch hier ist wieder möglichst großer Auftrieb und kleinster Widerstand erwünscht. Wie diese Forderungen nach geringstem Widerstand und größtem Auftrieb zu verwirklichen sind, behandelten wir schon, bzw., erfahren wir es noch im nächsten Abschnitt. Um das Verständnis der folgenden Ausführungen zu erleichtern, sind in der Abb. 76 alle wichtigen Be-

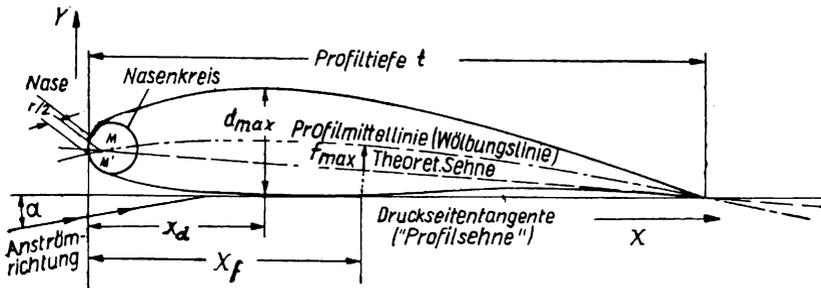


Abb. 76

- |                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| $d_{max}$ = größte Dicke   | $x_d$ = Rücklage d. max. Dicke     |
| $f_{max}$ = größte Wölbung | $x_f$ = Rücklage d. größt. Wölbung |
| $f$ = Wölbungspfeil        | $\alpha$ = geometr. Anstellwinkel  |

\*\*\*) Flächenbelastung = Verhältnis von Fluggewicht  $G$  zur Flügelfläche  $F$

stimmungsstücke eines Tragflügelschnittes im Zusammenhang mit der Anblasrichtung dargestellt. Auftretende Begriffe wie Anstellwinkel ( $\alpha$ ) o. ä. sind anhand dieser Abbildung leicht zu verstehen. Auf besondere Erläuterungen wird deshalb verzichtet.

*Auftrieb und Widerstand an einem Tragflügel endlicher Spannweite*

Der Unterdruck auf der Flügeloberseite und ebenso der Überdruck auf der Flügelunterseite (vgl. Abschnitt „Der dynamische Auftrieb“) verteilen

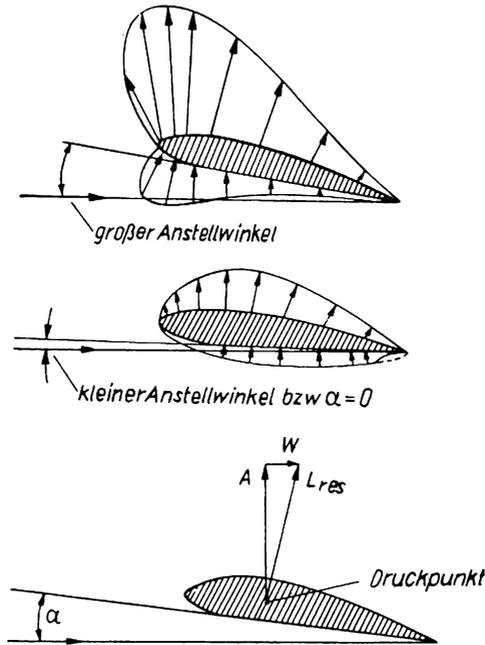


Abb. 77

sich nicht gleichmäßig über die Spannweite. Die Druckverteilung über die Flügeltiefe veranschaulicht die Abb. 77. Wir sehen durch Vergleich der von den Druckkraftpfeilen gebildeten Flächen (Auftriebsverteilung), daß vom Gesamtauftrieb etwa  $\frac{2}{3}$  auf den Unterdruck und  $\frac{1}{3}$  auf den Überdruck entfallen, eine erstaunliche, nicht immer gleich einleuchtende Tatsache. Diese Druck- oder Auftriebsverteilung ist nicht für alle Fluglagen gleich. Ziehen wir am Steuerknüppel, d. h., vergrößern wir den Anstellwinkel ( $\alpha$ ), so

ergibt sich eine andere Druckverteilung als dann, wenn wir „drücken“ und dem Tragflügel gegenüber der Strömung eine kleine „Anstellung“ geben (vgl. Abb. 77). Aber nicht allein vom Anstellwinkel ist die Druckverteilung abhängig, sondern auch vom „Profil“ des Tragflügels selbst. Wie schon erwähnt, kann man die Summe von Einzelkräften sinnbildlich auch durch eine entsprechend große aufwärtsgerichtete Summenkraft  $A$  ersetzen, die im „Druckpunkt“ angreift. Bei einer Änderung der Druckverteilung durch Beeinflussung des Anstellwinkels oder durch Verformen des Profils (Querruderausschläge) verlagert sich im allgemeinen der Druckpunkt. Man spricht dann von einer „Druckpunktwanderung“. Diese muß bei der Konstruktion eines Flugzeuges berücksichtigt werden, damit ausreichende „Flugstabilität“ erzielt wird. Es gibt auch Flügelprofile, die fast keine Druckpunktwanderung hervorrufen. Sie werden als „druckpunktfest“ bezeichnet. Als Beispiele seien die symmetrischen und die S-Profile genannt. Als Folge der Druckverteilung über die Flügeltiefe und ihrer Änderung treten am Tragflügel während des Fluges noch Drehmomente auf, denen der Torsionsverband des Flügels (z. B. Torsionsnase) den nötigen Widerstand bietet. Von der jeweiligen am Profil vorhandenen Druckverteilung hängt auch die Größe des erzeugten Auftriebes ab. Da nun die Flügelfläche  $F$  normalerweise unveränderlich ist und die Größe des Auftriebes bei ständiger gleicher Geschwindigkeit (d. h. bei konstantem Staudruck) untersucht werden kann, findet man, daß sich der Auftriebswert  $c_a$  mit dem Anstellwinkel ( $\alpha$ ) ändert. In einem Schaubild (Diagramm) läßt sich die Abhängigkeit des Auftriebswertes  $c_a$  vom Anstellwinkel ( $\alpha$ ) für ein bestimmtes Profil (für jede Profilform gibt es bei gleichen Abmessungen ein eigenes Diagramm) leicht dar-

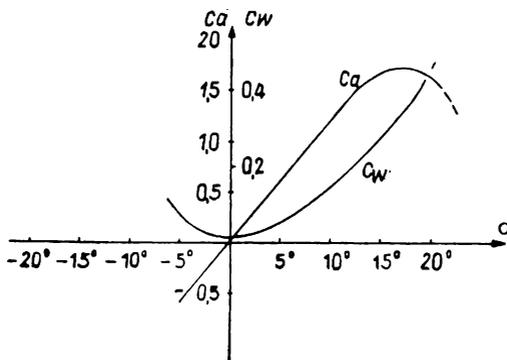


Abb. 78

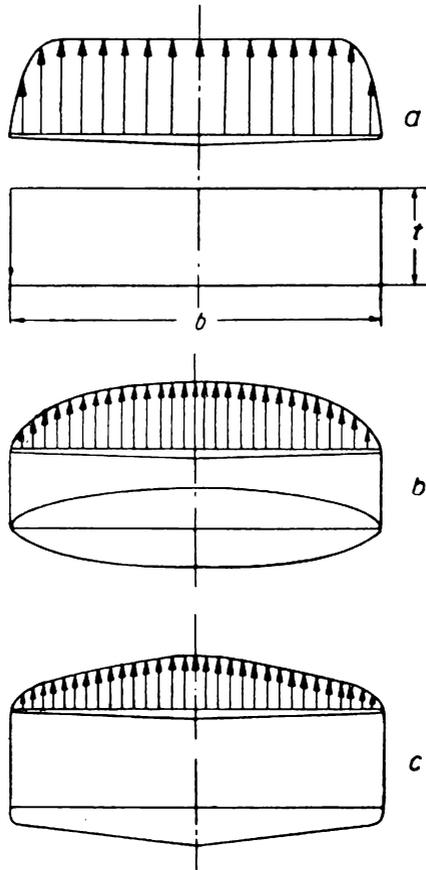


Abb. 79 a, b, c

stellen. Das ist auch für den Luftwiderstandsbeiwert  $c_w$  möglich, da sich dieser gleichfalls mit dem Anstellwinkel verändert. Ein solches Diagramm ist in der Abb. 78 gezeigt. Vielfach wird aber eine auf Otto Lilienthal zurückgehende Darstellung benutzt, das bekannte Polardiagramm (Abb. 83). Darin wird der Auftriebsbeiwert  $c_a$  in Abhängigkeit vom Widerstandsbeiwert  $c_w$  aufgetragen. Mit der Besprechung des Polardiagrammes in einem gesonderten Abschnitt soll nun dieser Beitrag über die Probleme der Aerodynamik abgeschlossen werden. Wir wenden uns darum jetzt der Luftkraftverteilung längs der Spannweite, der „Auftriebsverteilung“ des Tragflügels zu (Abb. 79).

Die Form der Auftriebsverteilung eines Flügels hängt hauptsächlich von folgenden Faktoren ab:

- a) vom Umriß,
- b) von der Streckung (das ist das Verhältnis von Spannweite (b) zur Flügeltiefe (t) bzw. bei nicht rechteckigen Flügeln von  $b^2$  zu F),
- c) von der Profilierung und Schränkung (das ist eine Verwindung des Außenflügels, die zum Ziele hat, den Anstellwinkel von der Flügelwurzel nach außen abnehmen zu lassen (Abb. 80) sowie von der Randbogengestaltung des Flügels,
- d) vom jeweiligen Anstellwinkel.

An den Flächenenden eines Rechteckflügels kleiner Spannweite (b), aber großer Flügeltiefe (t), herrscht, wie aus der Abb. 79 a zu ersehen ist, ein großer Druckunterschied zwischen Flügelober- und -unterseite. Die Luft hat

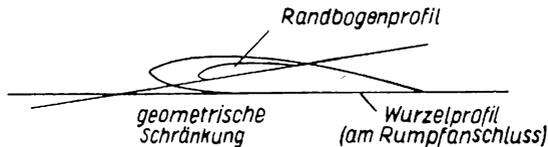


Abb. 80

selbstverständlich das Bestreben, diesen Druckunterschied an den Flächenenden auszugleichen. Sie strömt von der Unterseite um die Außenkanten des Flügels nach oben und gerät dabei in eine drehende Bewegung. Es bilden sich dadurch an den Flächenrändern kräftige Wirbelzöpfe (Abb 81). Wissenschaftlich exakter und genauer ist es, wenn man diese von den Flächenenden ausgehenden Wirbelstraßen (Hufeisenwirbel) als Fortsetzung des bei der Umströmung des Tragflügels vorhandenen Zirkulationswirbels ansieht. Das verlangt eine Gesetzmäßigkeit der Physik. Diese Randwirbel, wie sie auch genannt werden, verzehren viel Energie und verursachen dadurch zusätzlich großen Widerstand. Diese als Folge der Auftriebserzeugung entstehende Art des Luftwiderstandes bezeichnet man als induzierten Widerstand. Es ergibt sich also, daß der Luftwiderstand eines Tragflügels

1. aus dem Profilwiderstand eines Tragflügels und
2. aus dem induzierten Widerstand besteht.

$$W_{\text{Tragfl.}} = W_o + W_i$$

Für die aerodynamische Güte eines Tragflügels ist es unbedingt notwendig, den induzierten Widerstand zu verringern. Dazu ist erforderlich, daß der Druckunterschied an den Flächenenden möglichst klein wird und der Druckausgleich sich nur innerhalb eines kleinen Gebietes vollziehen kann. Als günstigste Auftriebsverteilung hat sich dafür die elliptische Form erwiesen (Abb. 79b).

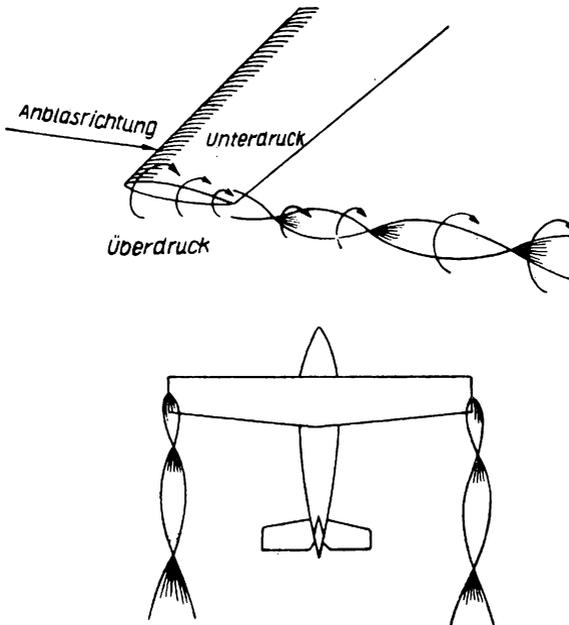


Abb. 81

Zur Verwirklichung dieser Forderungen kommen in Betracht:

- a) ein ellipsenförmiger Flügelumriß (Abb. 79b),
- b) eine große Streckung (lange, schmale Flügel, Abb. 79c),
- c) eine auf eine elliptische Auftriebsverteilung abgestimmte Profilierung und Schränkung des Flügels sowie
- d) eine geeignete Randbogengestaltung (z. B. Wirbelkeulen, Endscheiben oder herabgezogene Flügelenden, Abb. 82).

Schließlich sei noch daran erinnert, daß selbstverständlich auch die Größe der Reynoldsschen Zahl ( $Re$ ) für den Auftrieb und den Widerstand

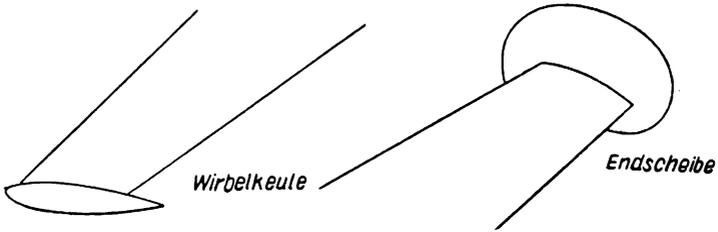


Abb. 82

eines Tragflügels von Bedeutung ist. Eine große Reynoldssche Zahl ist immer von Vorteil. Am Außenflügel darf z. B. zur Verminderung der Abreißgefahr die Re-Zahl trotz abnehmender Flügeltiefe  $t$  nicht zu klein werden.

### Das Polardiagramm

Die Abb. 83 zeigt das Polardiagramm für das bekannte Profil Gö 549 (Göttingen). Zur Messung wurde ein Rechteckflügel mit der Streckung  $b/t = 5$  verwandt; die Re-Zahl betrug 420 000.

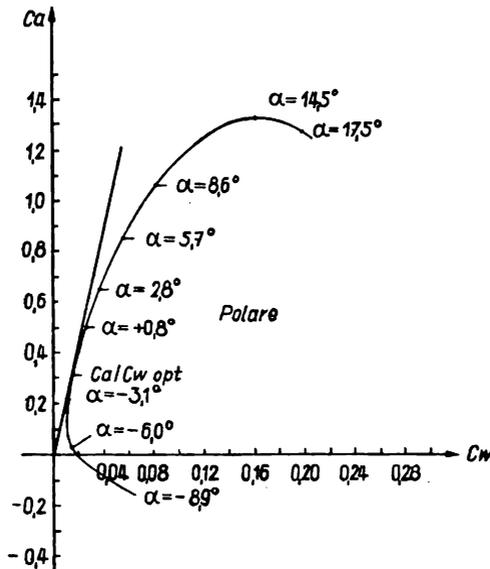


Abb. 83

Nach rechts auf der waagerechten Achse des Achsenkreuzes ist der Widerstandsbeiwert  $c_w$  aufgetragen und mit der senkrechten Achse nach oben der Auftriebsbeiwert  $c_a$ . Der Maßstab für den Widerstandsbeiwert  $c_w$  ist außerdem noch gedehnt. Für bestimmte Anstellwinkel sind die gewonnenen Maßpunkte entsprechend ihren Werten  $c_a$  und  $c_w$  in das Koordinatensystem eingezeichnet und mittels einer Kurve, der sogenannten Polare, verbunden. Verfolgen wir nun einmal den Verlauf dieser Kurve (Abb. 84):

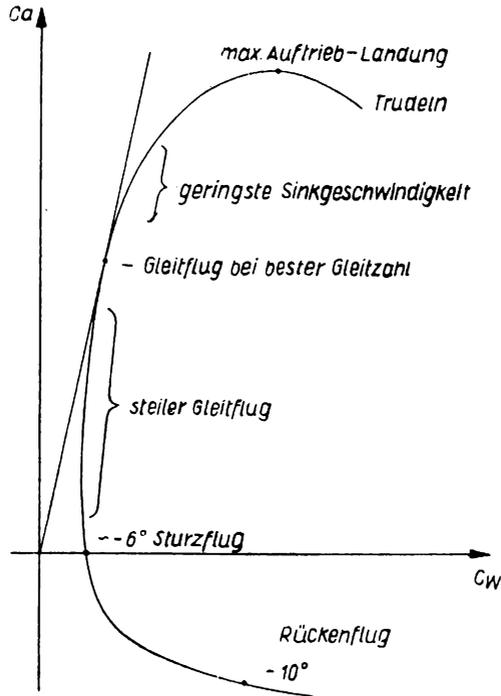


Abb. 84

Wir sehen, daß etwa bei einem Anstellwinkel von  $-6^\circ$  der Auftriebsbeiwert gleich Null ist. Das wäre der Anstellwinkel des Flugzeuges im Sturzflug. Unterhalb  $c_a = 0$ , also bei stärkeren negativen Anstellwinkeln, wird  $c_a$  negativ, d. h., das Flugzeug erzeugt negativen Auftrieb (Abtrieb).

Es geht in den Rückenflug über. Oberhalb von  $c_a = 0$  folgt zunächst der Bereich des steilen Gleitfluges. Dieser reicht bis zum Punkt der besten Gleitzahl, d. h., wo  $W : A = c : c_{w_a}$  das günstigste Verhältnis bilden. Man findet diesen Punkt durch Anlegen der Tangente an die Polare vom Nullpunkt des Koordinatensystems aus (s. Abb. 83/84). An die Stelle des besten Gleitfluges (beste Gleitzahl) schließt sich der Bereich des Steig-

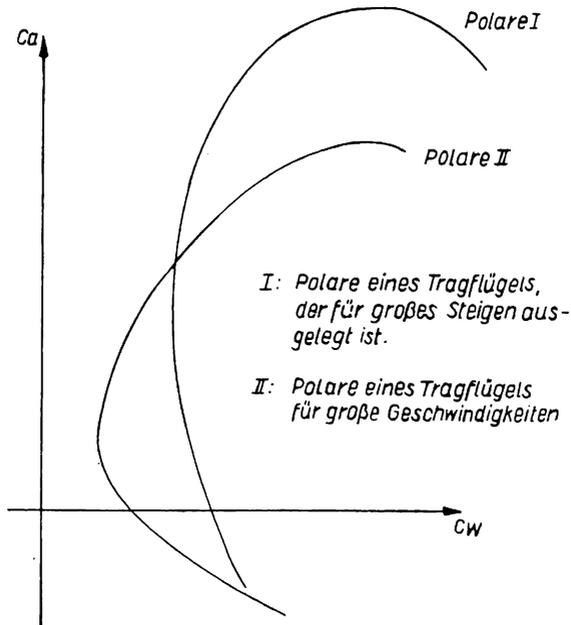


Abb. 85

fluges (Motorflugzeug) bzw. der günstigsten Sinkgeschwindigkeiten an. Den Gipfel der Kurve bildet der größte Auftriebsbeiwert des Profils, der bei der Landung wirksam wird. In diesem Punkt beginnt auch die Strömung mehr oder weniger schnell abzureißen;  $c_a$  wird dadurch wieder klein, und  $c_w$  nimmt stark zu. Der Anstellwinkel, bei dem die Strömung abzureißen beginnt, wird als kritischer Anstellwinkel bezeichnet. Die Abb. 85 zeigt, daß es möglich ist, bereits aus dem Polardiagramm einige Rückschlüsse auf die Eigenschaften eines Profils zu ziehen.

# Startarten und ihre Besonderheiten

Von GERD SALZMANN

Im gleichen Maße wie das Fluggerät vervollkommen wurde, entwickelten sich auch die verschiedenen Startmethoden. Man kann, zumindest in der Hauptentwicklungszeit des Segelfluges, eine Wechselwirkung zwischen der qualitativen Entwicklung des Fluggerätes und der Verbesserung der Startarten feststellen.

## Der Laufstart

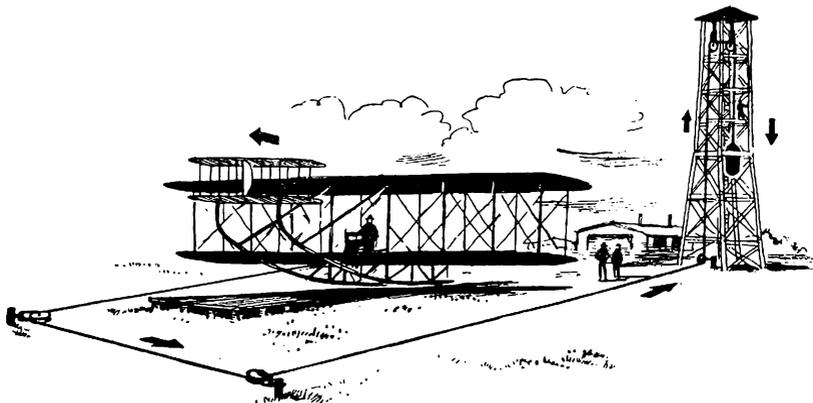
Geht man weit in die Anfangszeit des Segelflugs zurück, so findet man den Laufstart, der wohl zuerst von Otto Lilienthal angewendet wurde. Bekanntlich trug dieser Flugpionier seinen Hängegleiter auf den Schultern. Da sich Lilienthal den Vogelflug zum Vorbild genommen hatte und auch viele diesbezügliche Studien trieb, kam er zwangsläufig dazu, beim Start, gleich den Vögeln, gegen den Wind anzulaufen. Eine Startmethode, die heute unvorstellbar erscheint. Berücksichtigt man aber das kleine Gewicht des weitgehend aus Bambusstäben gefertigten Hängegleiters und die sich daraus ergebende geringe Flächenbelastung, so ist es erklärlich, daß damals die geringfügige Vorwärtsgeschwindigkeit (Laufen) ausreichte, um das Flugzeug zum Abheben zu bringen. Eine Abart dieser Startmethode wandte auch der heute fast vergessene deutsche Flugpionier Gustav Weißkopf an, der um die Jahrhundertwende bei seinen Flugversuchen in Amerika bekannt wurde. Er ließ sein auf vier Rädern ruhendes Fluggerät von zwei Männern gegen den Wind den Berg hinabziehen, bis der durch die Vorwärtsgeschwindigkeit an den Tragflügeln entstehende Auftrieb groß genug war, um das Flugzeug für wenige Meter vom Boden zu lösen.

Selbst im Anfangsjahr der Segelflugentwicklung auf der Rhön war diese Startart, bei der ein Gleitflugzeug von zwei Helfern mit Hanfseilen den Hang hinuntergezogen wurde, noch gebräuchlich. Die schnelle Zunahme der Fluggewichte der damaligen Sperrholzvögel brachte aber sehr schnell den Laufstart außer Kurs.

## Der Katapultstart

Bereits die Gebrüder Wright verwendeten bei ihren Flugversuchen eine gegenüber dem Laufstart weiterentwickelte Startmethode, um ihr verhältnismäßig schweres Flugzeug auf die notwendige Anfangsgeschwindigkeit zu bringen. Diese Startart ist als sogenannter Katapultstart bekanntgeworden

und hat noch bei einzelnen Gleitflugversuchen in der Zeit vor dem ersten Weltkrieg Nachahmung gefunden. Das Prinzip dieser Startmethode besteht darin, daß ein auf einem hohen Gerüst ruhender schwerer Behälter durch ein



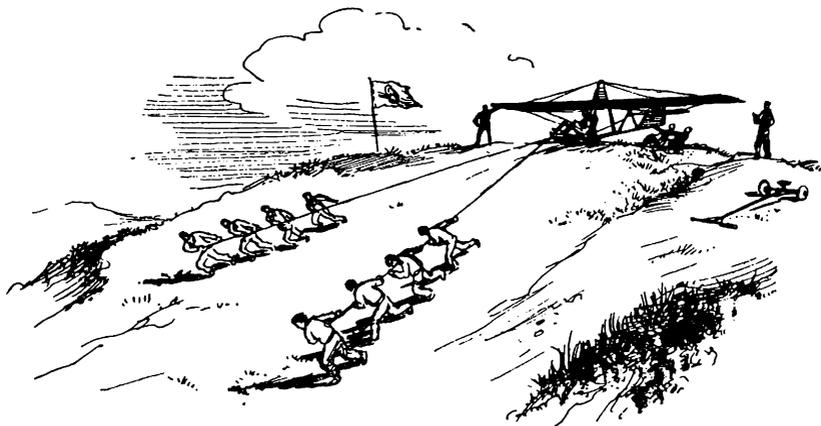
über Rollen geführtes Seil mit dem Flugzeug lösbar verbunden ist. Im Augenblick, da man die Aufhängung des Behälters löst, wird das Flugzeug durch das fallende Gewicht vorwärtsgerissen. Spätere Versuche mit dieser Startart sind wahrscheinlich infolge der Entwicklung günstigerer Methoden nicht bekanntgeworden.

### Der Gummiseilstart

Von wesentlicher Bedeutung für die Segelflugentwicklung in den zwanziger Jahren war der Gummiseilstart. Erstmals von dem altbekannten Segelflieger Klemperer angewandt, fand diese Startart eine solche Anerkennung, daß sie damals innerhalb von zwei Jahren zur alleinigen Methode des Segelflugzeugstarts wurde. Zwar machte der Gummiseilstart noch im Laufe der Zeit eine gewisse Wandlung durch, das Prinzip aber blieb gleich: Ein Gummiseil, das aus vielen einzelnen Gummifäden besteht, wird in seiner Mitte durch eine Kausche mit Ring zu einer Schlinge zusammengefaßt. Der Ring wird in einem nach unten offenen Starthaken an der Rumpfspitze des Segelflugzeugs eingehängt. Während nun die beiden Seilenden von einer Startmannschaft (je Seilende vier bis sechs Mann) gespannt werden, wird der

Sporn des Flugzeuges von einer Haltemannschaft oder durch einen Erdanker am Boden gehalten. Wenn eine ausreichende Spannung des Gummiseils erreicht ist, wird das Segelflugzeug vom Boden freigegeben und durch die Spannung des Gummiseils vorwärtsgerissen. Beim Überfliegen des Seiles fällt dieses aus dem offenen Starthaken zu Boden. Da diese Startart nur auf Berghängen angewendet wird, ist das Flugzeug schnell vom Boden frei und kann im Hangaufwind fliegen.

Diese Startmethode trug wesentlich dazu bei, den Segelflug populär zu machen, denn fast überall fand man Berge, wo man ein Segelflugzeug mit dem Gummiseil starten kann. Der Gummiseilstart hat den Vorteil, daß äußerst niedrige Betriebskosten entstehen, da nur das Seil gekauft zu werden braucht. Ferner ergibt sich am Hang, wo alle Teilnehmer in des Wortes reinster Bedeutung „an einem Strang ziehen müssen“, eine nicht zu unter-



schätzende Characterschulung des angehenden Fliegers. Andererseits kann natürlich der Gummiseilstart am Hang nie rationell sein, da jeder Start einen langwierigen Rücktransport nach sich zieht. Stellt man einmal der Flugzeit die Transportzeit gegenüber, so ergibt sich ein Verhältnis, das im Sinne einer breiten Segelflugausbildung nicht zu vertreten ist. Heute findet man daher den Gummiseilstart fast nur noch bei reinen Hangfluggeländen, wo die Bodenverhältnisse die Anwendung anderer Startmethoden nicht zulassen.

## **Der Autoschleppstart**

Eine weitere, in den letzten Jahren fast überholte Startart ist der Autoschlepp, der aber wegen seiner einstigen Bedeutung Erwähnung finden soll. Obwohl der Flugzeugstart mit Hilfe von Kraftwagen bereits vor dem ersten Weltkrieg wiederholt versucht worden war, fand er doch erst Ende der zwanziger Jahre in den USA eine breite Anwendung. Von Amerika aus wurde er 1930/31 von Wolf Hirth nach Deutschland importiert und auf den Segelflugschulen Grunau und Hornberg weiterentwickelt. Bei dieser Startart wird das Segelflugzeug an einem etwa 200 m langen Schleppseil aus Stahldraht von einem Kraftwagen mit 50 bis 80 PS Leistung geschleppt. Um den Kraftwagen schnell beschleunigen zu können, werden möglichst nur Segelflugzeuge mit Radfahrwerk verwendet. Ferner wird für die Führung des Kraftwagens eine lange, gerade, möglichst ebene Fahrbahn benötigt. Der Startvorgang besteht darin, daß der Pilot des Segelflugzeuges nach dem Erreichen der Abhebegeschwindigkeit das Höhenruder allmählich bis zum Anschlag zieht und dadurch – entsprechend der jeweiligen Seillänge – Höhe gewinnt. Der Mangel an den zuvor beschriebenen Fahrbahnen und die Unwirtschaftlichkeit, die darin besteht, daß das Aggregat mitbewegt werden muß, um das Flugzeug zu bewegen, führten zur weitgehenden Einstellung des Autoschlepps.

## **Der Windenschleppstart**

Die Ablösung des Autoschlepps und die zur Zeit wirtschaftlichste Startmethode überhaupt stellt der Windenschleppstart dar. Er half, den Segelflug auf dem flachen Lande zu verbreiten. Er entstand dadurch, daß man die Motorkraft der Schleppautos dazu ausnützte, eine auf der Hinterradachse befestigte Seiltrommel zu bewegen. Auf diese Trommel wurde das Schleppseil aufgewickelt und so das Segelflugzeug gestartet. Im Laufe der Zeit hat diese Startart, die heute fast ausschließlich mit besonders konstruierten Schleppwinden durchgeführt wird, einige Verfeinerungen erfahren. Wir kennen zur Zeit den Windenschlepp mit Bugfesselung, mit Schulterfesselung und mit Kielfesselung. Wegen ihrer weiten Verbreitung erscheint es angebracht, die drei Methoden gesondert zu erläutern.

### *Die Bugfesselung*

Geht man von der heute noch vielfach gebräuchlichen Einsitzerschulung im Segelflug aus, so hat hierbei die Bugfesselung in der Anfängerausbildung noch volle Berechtigung. Bei dem ersten Flugzeugtyp, das der angehende

Pilot kennenlernt, dem Schulgleiter, wird das Schleppseil am Rumpfbug in eine Schleppkupplung eingeklinkt. Das Seil mit einem Durchmesser von 3,6 bis 5,0 mm wird sodann von einer Schleppwinde mit einem 80 bis 140 PS starken Motor aufgetrommelt. Dadurch erhält das Flugzeug die notwendige Geschwindigkeit, um vom Boden abheben zu können. Je nach Flugauftrag regelt nun der Windenmechaniker (Windenfahrer) durch entsprechendes Gasgeben die Flughöhe (A-Schulung), oder der Flugschüler gibt durch ziehen des Steuerknüppels Höhenruderausschlag, so daß das Flugzeug auf die größtmögliche Flughöhe steigt. Durchschnittlich kann man bei normaler Seillänge mit einer Schlepphöhe von 180 bis 200 m rechnen.



Man muß aber feststellen, daß in der Anfängerschulung diese Flughöhe nicht immer ausreichend ist, um dem Flugschüler einwandfreie Platzflüge zu gestatten. Eine andere recht unangenehme Eigenschaft des Windschlepps mit Bugfesselung ist das sogenannte Wippen des Flugzeugs. Dieses Wippen wird erklärlich, wenn man die Kraft des Seilzuges, die auf das Flugzeug einwirkt, in ihre beiden Teilkräfte zerlegt. Man erhält dann eine nach vorn und eine senkrecht nach unten gerichtete Komponente. Je weiter aber der Abstand des Angriffspunktes der beiden Teilkräfte vom Schwerpunkt des Flugzeuges ist, um so mehr macht sich die nach unten gerichtete Teilkraft am Rumpfbug bemerkbar. Durch Ziehen des Höhenruders wird nun am Rumpfbügel ebenfalls eine nach unten gerichtete Kraft erzeugt, die der senkrechten Komponente am Rumpfbügel entgegenwirkt. So wird zwar wieder das Gleichgewicht der Kräfte hergestellt, jedoch kann dieses Gleichgewicht sehr leicht durch äußeren Einfluß (Abreißen der Strömung am Höhenleitwerk) zum „Wippen“ führen, wobei wechselweise die senkrechte Teilkraft am Rumpf überwiegt und unmittelbar darauf das Gleichgewicht

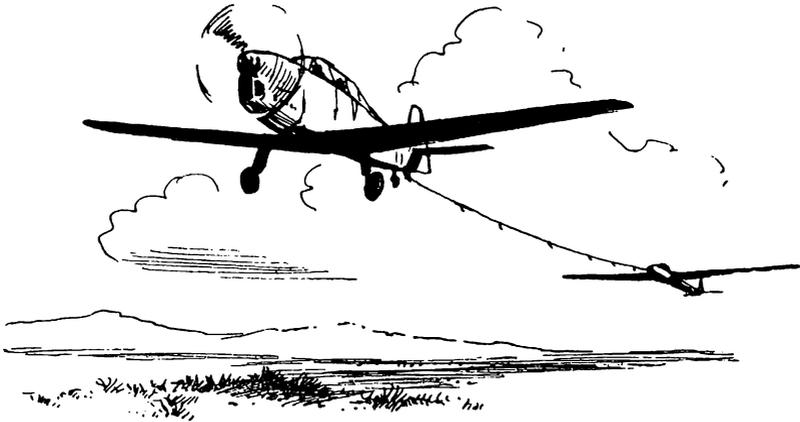
wiederhergestellt wird. Der Pilot kann dem Wippen nur durch Nachlassen des Höhenruderausschlags begegnen, was sich natürlich auf die Schlepphöhe auswirkt.

### *Die Schulterfesselung*

Die Suche nach der Möglichkeit, größere Höhen zu erreichen und das Wippen zu vermeiden, führte zur Entwicklung der Schwerpunkt-fesselung. Diese Namensgebung entstand dadurch, daß man die Schleppkupplung und damit den Angriffspunkt des Seilzuges am Segelflugzeug weiter nach hinten in die Nähe des Schwerpunktes verlegte. Auf der früheren Segelflugschule Trebbin wurde dabei die Methode gefunden, die heute allgemein als Schulterfesselung bekannt ist. Hierbei wird das Schleppseil durch ein sogenanntes Gabelseil verlängert, dessen beide Enden in Seilkupplungen, die sich in Schulterhöhe des Piloten an beiden Rumpffseiten befinden, eingeklinkt werden. So geht jetzt die Verlängerung der Zugkraft annähernd durch den Schwerpunkt des Flugzeuges. Es ist wohl leicht einzusehen, daß dadurch das Flugzeug stärker angestellt werden kann und sich so ein größerer Seilwinkel erfliegen läßt. Ein größerer Seilwinkel (etwa 60°) ist aber gleichbedeutend mit dem Erreichen einer größeren Schlepphöhe. – Der Angriff des Seilzuges in unmittelbarer Nähe des Schwerpunktes hat das einstige Wippen völlig ausgeschaltet. Die Entfernung des Angriffspunktes der senkrechten Komponente des Seilzuges vom Schwerpunkt ist überdies so gering, daß keine Gegenkraft am Rumpfheck erzeugt zu werden braucht und das Flugzeug mit neutraler Höhenrudelage den stationären Steigflug ausführt.

### *Die Kielfesselung*

Zur gleichen Zeit, da in Trebbin der Schwerpunktschlepp mit Schulterfesselung entwickelt wurde, schritt man in Rangsdorf bei Berlin zur Entwicklung des Schwerpunktschlepps mit Kielfesselung. Die theoretischen Überlegungen waren dabei die gleichen wie bei der Schulterfesselung. Man kam jedoch in Rangsdorf zu der Auffassung, daß es zweckmäßiger sei, den Angriffspunkt des Seiles, also die Schleppkupplung, an den Kiel des Flugzeuges neben die Kufe zu verlegen. In diesem Fall verläuft die verlängerte Seilkraft durch den Flugzeugschwerpunkt. Zweifellos gestattet diese Methode noch ein etwas steileres Anstellen des Flugzeuges als bei der Schulterfesselung. Der außermittige Kraftangriff des Seilzuges führt jedoch bei der Kielfesselung während des Anrollens des Flugzeuges zu einer Ausbrechneigung, der der Pilot durch entgegengesetzten Seitenruderausschlag



begegnen muß. Weiterhin neigt das Segelflugzeug durch den tiefen Angriffspunkt des Seilzuges zum Aufbäumen beim Start. Durch Drücken kann man jedoch den Anstellwinkel bis zum Erreichen einer Sicherheitshöhe von 50 m in normalen Grenzen halten.

Wenn es auch scheinen mag, daß durch den Schwerpunktschlepp im Windenbetrieb, ob es sich um die Schulter- oder Kielfesselung handelt, zusätzliche Gefahrenquellen entstehen, so ist das in Wirklichkeit nicht der Fall. Man muß im Gegenteil feststellen, daß bei einer sorgfältigen und individuellen Einweisung in diese Startmethoden die Flugsicherheit höher ist als bei der Bugfesselung. Die durch den Schwerpunktschlepp erreichten Flughöhen sind in jedem Fall so groß, daß selbst bei groben Anfängerfehlern die Flughöhe immer noch ausreichend ist, um das Flugzeug sicher in das Landefeld zu bringen.

### **Der Flugzeugschleppstart**

Bereits Anfang der dreißiger Jahre versuchte man vereinzelt, die Segelflugzeuge mit Motorflugzeugen empor zu schleppen. Der Flugzeugschleppstart hat besonders nach dem zweiten Weltkrieg eine solche Verbreitung gefunden, daß heute Leistungssegelflüge ohne Flugzeugschlepp einfach undenkbar sind. Im allgemeinen werden zum Flugzeugschlepp Motorflugzeuge verwendet, die bei einer Motorleistung von 100 bis 180 PS eine Schleppfluggeschwindigkeit von etwa 100 km/h gestatten. Entgegen früherer Auffassungen, die einen größeren Abstand zwischen Schleppflugzeug und

Segelflugzeug vorsahen und deshalb zur Verwendung von 60 bis 100 m langen Stahlseilen führten, neigt man heute zu der Ansicht, die Seillänge möglichst gering zu halten. Im allgemeinen verwendet man Hanf- oder Perlonseile mit einer Länge von 25 bis 30 m. Vereinzelt, so in der Volksrepublik Ungarn, hat man auch schon Versuche mit extrem kurzen Schleppseilen (5-m-Seil) gemacht, die aber noch keine befriedigenden Ergebnisse zeigten. Der Flugzeugschlepp hat den Vorteil, daß es möglich ist, das Segelflugzeug auf jede beliebige Höhe zu schleppen und den angehenden Leistungsfieger dorthin zu bringen, wo er erstmalig ein starkes Aufwindfeld antrifft, um den thermischen Segelflug üben zu können. Bei Wettbewerben wird ferner der Flugzeugschlepp mit Erfolg für den Rücktransport der Segelflugzeuge von den Außenlandeplätzen verwandt.

# Die Windenschleppschulung

Von HERMANN DIETZE

Die weitaus meisten Starts bei der Segelflugschulung in der DDR erfolgen mittels Windenschlepp. Unter Windenschlepp verstehen wir eine Startart, bei der das Segelflugzeug durch eine Motorwinde mit einem ca. 1200 Meter langen Startseil nach dem Prinzip des „Drachensteigens“ gestartet wird.

Diese Startart wird bei unserer Ausbildung deshalb so häufig angewandt, weil sich überall ein ebener Platz finden läßt, während günstige Hangschulgelände sehr selten sind. Dadurch ist die Segelflugschulung auch auf dem flachen Lande möglich und bietet unseren Bestrebungen, auch auf dem Gebiet des Segelflugsportes Breitenarbeit zu leisten, außerordentlich gute Möglichkeiten. Außerdem bietet die Schulung mit Windenschlepp noch die Vorteile, daß man den Start immer genau gegen den Wind durchführen kann, eine ausreichende Schlepphöhe für sämtliche Schulungsprogramme erreicht und außerdem bei durchschnittlichen Schlepphöhen von 300 bis 500 m noch Anschluß an thermische Aufwinde bekommen kann. Allerdings besitzt die Windenschulung gegenüber der Hangschulung noch einige Nachteile. Vor allen Dingen ist hier wohl der größere Kostenaufwand zu nennen, da ja außer dem Flugzeug noch die Schleppwinde, das Schleppseil, ein Gerät zum Rücktransport des Seiles und vielleicht noch ein Fahrzeug zum Transport der Winde erforderlich sind. Neben dem Startfluglehrer wird noch Personal zur Bedienung der Schleppwinde, zum Übermitteln der Winkzeichen, zum Beobachten des Schleppvorganges und zum Rückholen des Seiles benötigt.

Da dieses Buch auch für den flicgerisch interessierten Laien und den jungen Flugschüler bestimmt ist, will ich im folgenden einen kurzen Abriß über die Windenschleppschulung geben.

## *Die Schleppwinde*

Die in unserer Republik benutzten Schleppwinden sind Querschleppwinden, d. h. sie werden quer zur Startrichtung des Flugzeuges aufgestellt. Als Antriebsaggregat besitzen sie einen 100-PS-Motor mit Kupplung und Getriebe in der gleichen Anordnung, wie es allgemein bei Fahrzeugen üblich ist. Vom Getriebe aus wird über eine Kardanwelle eine Seiltrommel angetrieben, auf der das Schleppseil aufgespult wird. Das Schleppseil ist ein Stahlseil von 3,6 mm bis 4,2 mm Stärke und einer Festigkeit von 1050 kg. Damit dieses Schleppseil nicht durch ungleichmäßiges Aufspulen

beschädigt oder gequetscht wird, ist vor der Seiltrommel eine Spulvorrichtung angebracht, in welcher das Schleppseil über Stahlrollen geführt wird. An der Spulvorrichtung ist außerdem noch die Kappvorrichtung angebracht, mit der der Windentechniker in Notfällen kappen kann. Die Bedienung der Schleppwinde erfolgt wie die eines Kraftfahrzeuges mit dem Unterschied, daß Gas und Kupplung mit der Hand betätigt werden. Außerdem wird während des Schleppvorganges nicht geschaltet, sondern das Segelflugzeug wird je nach der Windgeschwindigkeit mit dem 2. oder 3. Gang geschleppt.

Das vom Flugzeug gelöste Schleppseil wird von Hand durch ein Seilrückholfahrzeug (Krad oder PKW) oder eine Seilrückholwinde an den Start zurückgebracht. Je nach der zu fliegenden Übung ist auch die ausgelegte Seillänge verschieden. Bei Flachstarts (Geradeausflüge) beträgt sie 400 bis 600 m, und bei Hochstarts (Platzrundenflüge) wird sie im allgemeinen 1000 bis 1200 m betragen.

### *Startaufbau*

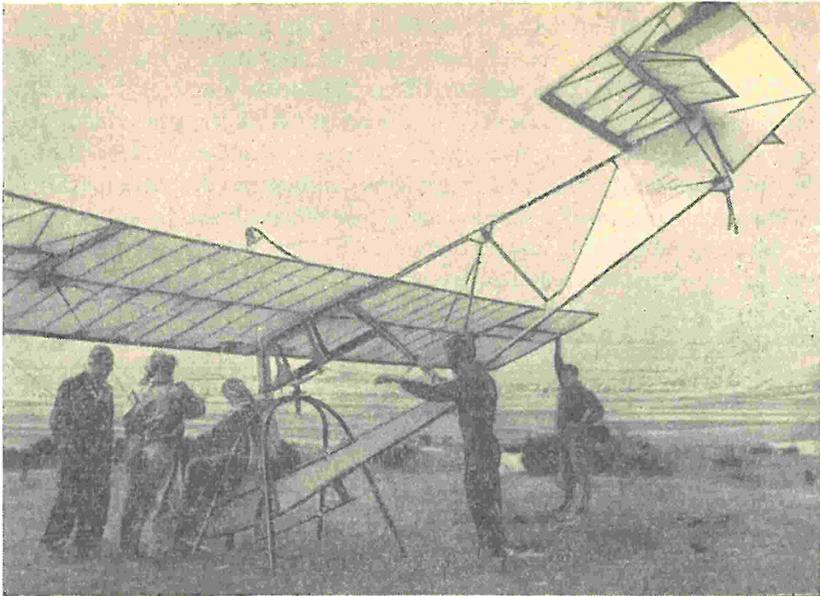
Die Startrichtung wird immer so gewählt, daß das Segelflugzeug genau gegen den Wind starten kann. Den Geländestreifen von der Startstelle bis zur Schleppwinde bezeichnet man als Startbahn. Dieser muß eben, frei von Hindernissen (wie Bäume, Sträucher, Baumstubben, große Steine usw.) sein und muß vom Start und von der Winde jederzeit übersehen werden können. Diese an die Startbahn gestellten Bedingungen müssen genau eingehalten werden, da durch Hängenbleiben des Schleppseils an versteckten Hindernissen große Gefahren für den Piloten des Flugzeuges entstehen können.

Zuschauer auf Segelfluggeländen haben immer die Eigenschaft, daß sie jeden Gegenstand der zur Ausbildung dient, möglichst genau ansehen möchten. Dabei werden die an den Platzgrenzen angebrachten Hinweisschilder oft wenig beachtet, und es kann vorkommen, daß Spaziergänger plötzlich in der Startbahn auftauchen. Das am Boden liegende Schleppseil ist aber selbst auf kürzeste Entfernung nur schwer zu erkennen. Es bildet deshalb eine große Gefahr für den ahnungslosen Zuschauer, da Verletzungen durch das in Bewegung befindliche Schleppseil lebensgefährliche Folgen haben können.

Es besteht also Grund genug, alle am Flugbetrieb beteiligten Personen immer wieder darauf hinzuweisen, daß sich „Schleute“ möglichst am Platzrand aufhalten möchten.

### *Anfänger-Schulung (einsitzig)*

Die Anfänger-Schulung beginnt an der Winde, genau wie am Hang, mit dem Pendeln. Der Schulgleiter wird in einem Pendelbock so aufgehängt, daß er um alle drei Achsen frei beweglich ist. Die damit geschaffene Pendeleinrichtung wird an einer möglichst freien Stelle aufgestellt, und der angehende Pilot nimmt auf der Maschine Platz (Abb. 86). In mehreren Übungen



*Abb. 86: Schulgleiter auf dem Pendelbock*

lernt er jetzt das Einhalten der Querlage, das Ausrichten des Flugzeuges auf einen Blickpunkt und das Halten der Horizontlage. Bei einer Windgeschwindigkeit von 6–8 m/s werden dabei die Steuertätigkeit und die Ruderwirksamkeit etwa denen des freien Fluges entsprechen.

Beim Abschluß der Pendelübungen muß der Pilot in der Lage sein, das Flugzeug in der Normalfluglage zu halten und kleinere Korrekturen durch gleichzeitiges Betätigen von Quer- und Seitenruder vorzunehmen. Hat er dies erreicht, kann die Ausbildung im Windschlepp beginnen. Man muß hervorheben, daß bei der gesamten Anfänger-Ausbildung an der Winde

der Windmechaniker eine wichtige Aufgabe hat und deshalb über eine umfangreiche Schlepperfahrung verfügen muß. Es kann für die gesamte fliegerische Ausbildung eines jungen Menschen entscheidend sein, daß das Flugzeug bei den ersten Starts ruhig und zügig angeschleppt wird, nicht größere Höhen erreicht als im Flugauftrag vorgeschrieben sind und langsam wieder an den Boden herangeschleppt wird.

Zunächst muß der Anfänger einige „Rutscher“ durchführen, um sich an den Start und den Schleppvorgang zu gewöhnen und um zu lernen, wie man bei einem in Bewegung befindlichen Flugzeug die Querlage hält. Nachdem sich unser angehender Pilot startfertig gemacht hat, wird er vom Fluglehrer den Flugauftrag und die erforderlichen Hinweise erhalten. Nach dem ordnungsgemäßen Austrimmen des Flugzeugs wird er sich von einem Kameraden auf dem Sitz des Flugzeugs anschnallen lassen. Das richtige Anschnallen muß vom Fluglehrer genau kontrolliert werden, da ein schlecht angeschnallter Flugschüler kaum einen einwandfreien Start ausführen kann. Ist nämlich die Körperhaltung des Schülers schief oder verkrampft, behindert ihn das stark bei den Steuerbewegungen. Wer könnte sich z. B. nicht an die ersten Versuche zum Erlernen des Radfahrens erinnern? Wie schwer fiel es damals, nur geradeaus zu fahren, weil man mit aller Kraft den Lenker festhielt und jederzeit damit rechnete, vom Sattel zu fallen. So gelang es kaum, ein kurzes Stück sicher zu fahren. Erst als man locker im Sattel saß und den Körper nicht mehr verkrampfte, konnten dann ohne Mühe Kurven bewältigt werden. So ist es auch beim Fliegen.

Der Pilot muß sich während des Rutschers vor allen Dingen darauf konzentrieren, die Querlage des Flugzeuges zu halten und es genau in Richtung der Schleppwinde rutschen zu lassen.

Auch bei sämtlichen Geradeausflügen ist die Schleppwinde der Blickpunkt für den Schüler. Die Flügel müssen also genau in Richtung Winde ausgeführt werden. Werden die Rutscher beherrscht, dann stehen als nächstes die Sprünge auf dem Ausbildungsprogramm. Bei den ersten Sprüngen rutscht das Flugzeug noch etwa 50 bis 60 Meter am Boden entlang, erst dann erhöht der Windenmechaniker die Schleppgeschwindigkeit soweit, daß sich das Flugzeug auf etwa einen Meter Höhe in die Luft hebt. Der große Augenblick des ersten „Fluges“ ist für unseren Flugschüler gekommen. Nun führt er die gleichen Steuerbewegungen aus wie zuvor. Die Landung wird praktisch vom Windenmechaniker durchgeführt, indem er langsam die Schleppgeschwindigkeit verringert, bis das Flugzeug allmählich den Boden berührt und zum Stehen kommt. Das Schleppseil kuppelt der Flugschüler

erst dann aus, wenn das Flugzeug steht und ein Tragflügel den Boden berührt.

Die Anforderungen erhöhen sich, indem langsam die Flughöhen gesteigert und weitere Bedienungsrufe erlernt werden. Bei den 5-Meter-Sprüngen kuppelt der Pilot erstmalig nach Winkzeichen des Windenwinkers aus. Nähert sich das Flugzeug nach dem Auslösen des Seils wieder dem Erdboden, so fängt er es durch leichtes Ziehen des Steuerknüppels ab und führt so seine erste selbständige Landung aus.

Bei den Flügen ab zehn Meter Flughöhe muß der Flugschüler auf das Winkzeichen „Auskuppeln“ das Flugzeug zunächst aus der Steigfluglage in die Normalfluglage bringen und dann erst das Schleppseil lösen. Diesem „Nachdrücken“ und Auskuppeln folgt dann der Geradeausflug und die Landung in Richtung der Winde.

Verbinden sich die einzelnen Faktoren, Start, Steigflug, Nachdrücken, Auskuppeln, Geradeausflug und Landung, zu einem harmonischen Ganzen, so werden die Flughöhen allmählich bis 30 Meter gesteigert. Beherrscht der Schüler auch dann das Flugzeug einwandfrei, so ist der erste Ausbildungsabschnitt abgeschlossen.

Alle Geradeausflüge, besonders die bis zu einer Flughöhe von 5 m, erfordern durch ihre geringe Zeitdauer und die Vielzahl der neuen Eindrücke ein hohes Maß an Konzentration. Es liegt natürlich an jedem Flugschüler selbst, ob er diese Flüge einwandfrei durchführt. Es ist beispielsweise undenkbar, daß ein Flugschüler, der bis früh um 3.00 Uhr getanzt und dabei vielleicht noch alkoholische Getränke zu sich genommen hat, am folgenden Tag in der Lage ist, die für die Flüge notwendige Konzentration aufzubringen. Es können auch noch andere Gründe vorliegen, wie körperliches Unwohlsein, familiäre Sorgen u. ä. In diesen Fällen hat der Schüler die Pflicht, seinem Fluglehrer Mitteilung zu machen und vom Start zurückzutreten. Es ist auch kein „Anschmieren“, wenn ein Flugschüler nicht selbst den Mut aufbringt und seine Kameraden dem Lehrer die notwendigen Hinweise geben. Schon oft wurden durch einen solchen vertraulichen Hinweis mühevollle Baustunden und bittere Enttäuschungen erspart.

### *Platzrundenflüge*

In der nun folgenden Ausbildung macht der Flugschüler einen gehörigen Sprung nach vorn, besser gesagt: nach oben. Von bisher 30 m Schlepphöhe geht es jetzt auf durchschnittlich 200 m. Dieser Sprung muß natürlich etwas erleichtert werden, indem man mit dem „Aspiranten“ zu Anfang des neuen

Ausbildungsabschnitts zwei bis drei Starts im Doppelsitzer durchführt und ihn dadurch in den Hochstart und die Platzrunde einweist. Für unseren Piloten treten jetzt einige neue Momente auf. Zunächst sieht er die Winde während des Schleppvorgangs nicht mehr und muß bei Nachlassen des Seilzuges selbständig auskuppeln (die fehlenden Sichtverhältnisse nach unten wurden bei dem altbekannten Schulgleiter durch eine bootsförmige Verkleidung des Führersitzes erreicht), zum anderen muß er eine Platzrunde fliegen, die Flughöhe und den Gleitwinkel richtig schätzen, um sicher zu seinem Landepunkt zu kommen.

Durch die Einweisungsflüge und die erklärenden Worte des mitfliegenden Lehrers erhält der Schüler schnell einen Begriff von der zu fliegenden Platzrunde. Die ersten selbständigen Platzrunden auf dem Schulgleiter können beginnen. Der Startvorgang zum Hochstart ist der gleiche wie zu den Geradeausflügen. Der Pilot läßt dabei das Flugzeug mit normaler Höhenruderstellung bis zu einer Sicherheitshöhe von 30 m steigen. Erst dann vergrößert er durch langsames Ziehen des Steuerknüppes bis zum Anschlag den Steigwinkel. (Die Sicherheitshöhe von 30 Meter ist unbedingt einzu-

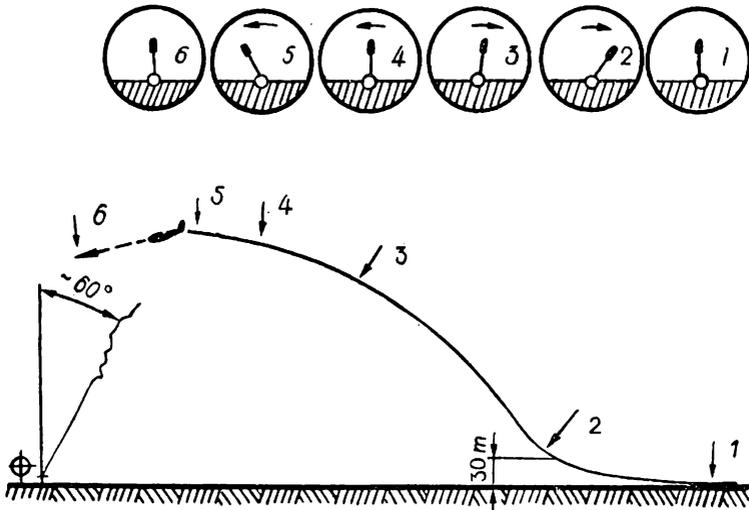


Abb. 87: Windenschleppschulung mit Bugfesselung

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. Startstellung                 | 4. Übergang in Normalflug                 |
| 2. Erreichen der Sicherheitshöhe | 5. Nachdrücken u. Abwurf des Schleppseils |
| 3. Steilflug                     | 6. Gleitflug                              |

halten, da sonst bei einem Seilriß in Bodennähe große Gefahrenmomente auftreten können). Im übrigen führt er den Schlepp normal durch, indem er besonders auf eine einwandfreie Querlage achtet. Beginnt das Flugzeug während des Schleppvorganges zu wippen, so muß das Höhenruder etwas nachgelassen werden. Wenn die vorgesehene Höhe erreicht ist, wird der Seilzug ruckartig nachlassen. Der Pilot drückt daraufhin nach und kuppelt das Schleppseil aus (Abb. 87). Nach Überfliegen der Winde fliegt er eine flache Kurve um  $180^\circ$  und überzeugt sich dabei durch einen Blick zur Winde, ob das Schleppseil abgefallen ist. (Sollte das Schleppseil aus irgendeinem Grunde nicht abgefallen sein, wird dies vom Start und Windenwinker durch dauerndes Kreiswinken mit der Fahne und durch Schüsse mit roten Leuchtkugeln angezeigt). Der Flugschüler fliegt jetzt bis hinter den Start zurück und landet nach einer weiteren  $180^\circ$ -Kurve in Richtung des Landekreuzes. Diese ersten Platzrunden mit zwei  $180^\circ$ -Kurven sollen den Schüler vor allem an die größere Schlepphöhe und das Schätzen des Gleitwinkels gewöhnen. Später wird dann die Platzrunde in Form eines Rechtecks mit

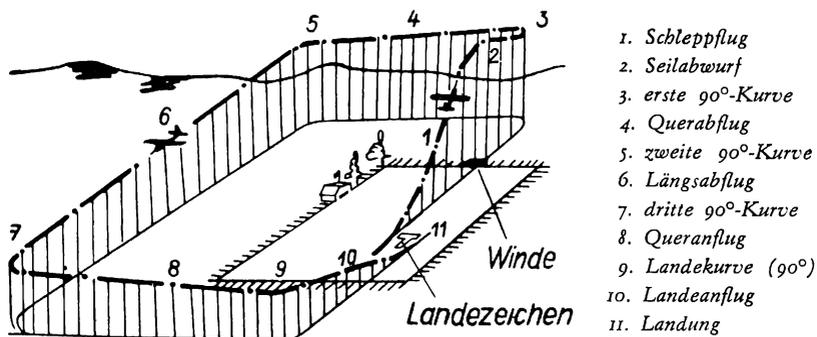


Abb. 88: Eine Schulungsplatzrunde

vier  $90^\circ$ -Kurven ausgeführt (Abb. 88), wobei vom Fluglehrer für jede Seitenstrecke ein besonderer Blickpunkt angegeben wird. Als Blickpunkte können auffällige Gebäude, einzelne Bäume, Schornsteine, Waldschneisen u. ä. dienen.

Da die ersten Platzrunden bei schwachem Wind geflogen werden, wird der Flugschüler auch in der Mehrzahl der Fälle immer in Richtung der angegebenen Blickpunkte fliegen. Bei höheren Windgeschwindigkeiten wird das Flugzeug, obwohl der Rumpfbug genau auf den Blickpunkt gerichtet ist,

nicht mehr auf diesen zufliegen, sondern es wird durch den Wind abgetrieben. Ähnlich, wie man mit einem Boot abgetrieben wird, wenn man den Fluß überquert.

Beim Fliegen muß man demnach auch wie bei einem Boot gegen die Strömung vorhalten, um einen vorgesehenen Punkt zu erreichen. Bei schwachem Wind muß man demnach den Rumpfbug des Flugzeuges ein wenig, bei starkem Wind dagegen mehr gegen den Wind anstellen, um in Richtung des Blickpunktes zu fliegen (Abb. 89).

Werden die Platzrunden in dieser Form sauber geflogen, so wird noch als

nächste Übung ein Vollkreis nach der zweiten Kurve der Platzrunde mit einer anschließenden sauberen Platzrunde und Ziellandung in der Landebahn verlangt. Mit der einwandfreien Durchführung der Vollkreisflüge wird die fliegerische Ausbildung auf dem Schulgleiter abgeschlossen.

### *Flüge mit Übungs-Segelflugzeugen*

Wollen wir noch kurz die Umschulung unseres Flugschülers auf Übungs-Segelflugzeuge kennenlernen. Als Übungs-Segelflugzeug benutzt man in der DDR das „Baby II b“. Es kommt nicht nur in seiner äußeren Form einem Leistungsflugzeug schon wesentlich näher. Es besitzt beispielsweise auch ein wesentlich besseres Gleitverhältnis und eine günstigere aerodynamische Form. Dadurch ist es auch möglich, längere Hang-, Thermik- oder Streckenflüge mit diesem Flugzeugtyp auszuführen. Für den Schüler besteht wohl die größte Umstellung darin, daß das „Baby“ nicht mit Bugfesselung wie der Schulgleiter, sondern mit Schulterfesselung gestartet wird. Bei der Schulterfesselung sind zwei Schleppkupplungen an den Rumpfsseitenwänden etwa in Schulterhöhe des Piloten angebracht. Dort greift ein Gabelseil ein, welches am Schleppseil befestigt ist. Dadurch, daß der Angriffspunkt des Seilzuges näher am Schwerpunkt des Flugzeuges liegt, ist ein größerer Steigwinkel während des Schlepps möglich, was sich wiederum in eine größere Schlepphöhe umsetzt. Vor der Umschulung erhält der Flugschüler natürlich erst

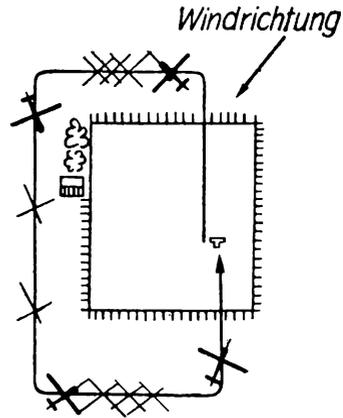


Abb. 89:  
Stellung der Flugzeuglängsachse im  
Platzrundenflug bei seitlichem Wind

einige Einweisungsstarts im Doppelsitzer, damit er den Startvorgang mit Schulterfesselung kennenlernt (Abb. 90). In dieser Startart ist während des gesamten Schlepps das Ziehen verboten. Schon durch geringes Ziehen des Höhenruders kann nämlich der Steigwinkel so vergrößert werden, daß das Schleppseil überbeansprucht wird und reißt. Ein Seilriß in steiler Steigfluglage kann aber in Bodennähe gefährliche Folgen für Pilot und Flugzeug haben.

Sind die Einweisungsflüge im Doppelsitzer, bei denen der Pilot noch die veränderte Einleitung der Platzrunde und den Landeanflug mit Bremsklappen kennenlernt, abgeschlossen, so sollte er sich für etwa 20 Minuten in das am Boden stehende „Baby“ setzen. Das wird ihm helfen, sich mit der Anordnung der Bedienungshebel, der Anbringung der Instrumente und den veränderten Sichtverhältnissen vertraut zu machen. Anschließend startet er gleich zu seiner ersten Platzrunde mit dem Übungssegler.

Bei den weiteren Flügen schließen sich an die Platzrunden die Vollkreisübungen mit einer Schräglage bis zu  $30^\circ$  an. Die saubere Ausführung der

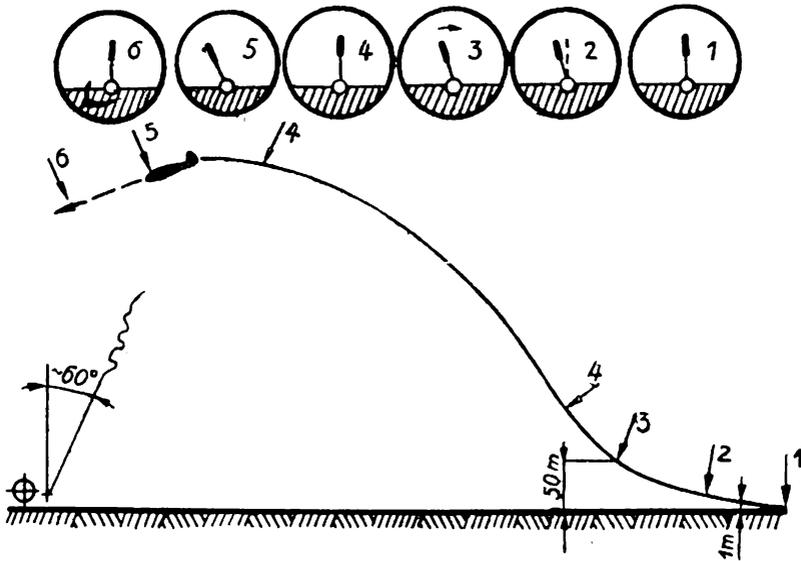


Abb. 90: Windenschlepp mit Schwerpunktesselung

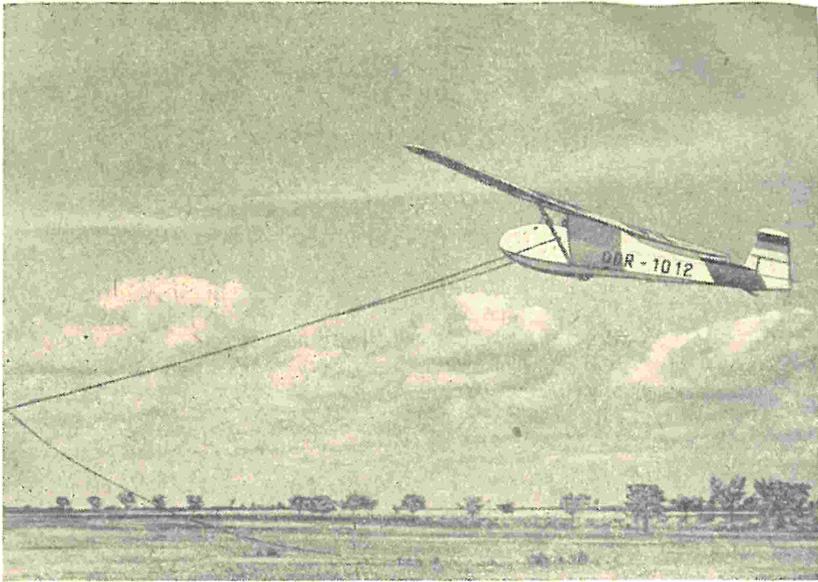
- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Startstellung                 | 4. Schleppflug                  |
| 2. Abheben                       | 5. „Nachdrücken“ und Seilabwurf |
| 3. Erreichen der Sicherheitshöhe | 6. Gleitflug                    |

Vollkreise ist ja für den Segelflieger fast lebensnotwendig, denn nur der Pilot kann später die thermischen Aufwinde gut ausnutzen und große fliegerische Leistungen vollbringen, der den Vollkreisflug in allen Einzelheiten beherrscht.

Erst wenn der Fluglehrer die Gewißheit hat, daß der Pilot das Flugzeug beherrscht, wird die fliegerische Grundausbildung (in der DDR die Ausbildungsstufe III) abgeschlossen. Als äußeres Zeichen seiner vollbrachten Leistungen kann dann der Pilot das C-Abzeichen tragen.



*Abb. 91:  
Startbeize  
Motorschleppwinde*



*Abb. 92: Ein „Baby II b“ startet mit Schulterfesselung*

### *Umschulung auf Leistungsflugzeuge*

In der weiteren Ausbildung startet bei uns der Pilot nach dem Erwerb der Segelflugarlaubnis zu seinen Leistungsflügen. Zu diesen Leistungsflügen benutzt er Leistungs-Segelflugzeuge, auf die er entsprechend eingewiesen wird. Als hauptsächlichste Typen wären hier die „Meise“, die „Sohaj“, die „Mucha 100“ und die „Jaskolka“ zu nennen. Diese Leistungsflugzeuge unterscheiden sich vom „Baby II b“ etwa in dem Maße wie ein Rennwagen von einem PKW. Leistungsflugzeuge sind also in der Wirksamkeit ihrer Ruder und in ihren Flugeigenschaften viel empfindlicher als das „Baby II b“. Zum anderen ist ihr Aufbau viel schnittiger und nicht so robust ausgeführt wie bei einem Übungs-Segelflugzeug. Ihre einwandfreie Führung setzt demnach einen Piloten voraus, der schon über einige Flugerfahrung verfügt. Vor jeder Umschulung auf ein Leistungsflugzeug muß sich der Pilot wieder mit der Inneneinrichtung und den Bedienungshebeln des Flugzeuges vertraut machen. Bei Leistungsflugzeugen sind die Kabinen meist völlig geschlossen, und die Instrumentierung des Flugzeuges ist umfangreicher als bei einem Übungs-Segelflugzeug. Die meisten neueren Leistungsflugzeuge sind außerdem nicht mehr mit Schulterfesselung, sondern mit Kielfesselung ausgerüstet, auf die der Pilot ebenfalls eingewiesen werden muß.

Im Rahmen der Umschulungsflüge sollten von dem angehenden Leistungsflieger die gleichen Übungen wie in der vorhergehenden Ausbildungsstufe II geflogen werden. Erst wenn er den neuen Flugzeugtyp bei verschiedener Witterung und in allen „normalen“ Lagen beherrscht, sollte er seine ersten Streckenflüge antreten. Dann kann unser Pilot die Schönheiten des Segelfluges genießen und, den Bussarden gleich, über unserer Heimat den Luftraum durchmessen.

# Doppelsitzer-Schulung

Von WILHELM LIENEMANN

Die Doppelsteuer-Schulmethode bietet dem angehenden Segelflieger zweifellos mehr Sicherheit als die Einsitzer-Schulmethode. Aus diesem Grunde gehen die Bestrebungen dahin, Schritt für Schritt die Doppelsteuer-Schulung einzuführen.

Der Fluglehrer ist bei der Schulung am Doppelsteuer immer in der Lage, in Gefahrenmomenten, die durch Fehler der Schüler hervorgerufen werden, einzugreifen und somit Unfälle fast gänzlich auszuschalten. Wie oft kommt es dagegen bei der Einsitzer-Schulung vor, daß der Fluglehrer nicht unmittelbar helfend eingreifen kann, wenn der Schüler plötzlich fliegerischen Aufgaben nicht gewachsen ist und gefahrbringende Situationen hervorruft.

Vorbedingung ist selbstverständlich, daß der Fluglehrer selbst ein guter Flieger mit schnellem und sicherem Reaktionsvermögen ist. Das ist eine unerläßliche Vorbedingung, auf die bei der Zulassung eines Lehrers für die Doppelsitzer-Schulung besonderes Augenmerk gerichtet werden muß.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß der Fluglehrer dem Schüler alle Figuren vorfliegen kann. Er hat außerdem die ständige Kontrolle über die Entwicklung der Fähigkeiten des Schülers. Die D-Ausbildung ist somit gleichzeitig der beste Prüfstein für seine eigenen Fähigkeiten als Lehrer. Durch das gemeinsame Fliegen wird ein viel engerer persönlicher Kontakt zwischen Lehrer und Schüler geschaffen. Voraussetzung ist natürlich das richtige Einfühlungsvermögen des Lehrers in die individuellen Eigenarten des Schülers. Er muß ein guter Flieger und zugleich ein Pädagoge sein.

Nicht zuletzt sollte man die wirtschaftliche Seite betrachten, denn gerade die Doppelsteuer-Schulung bringt eine größere Rentabilität durch eine schnellere Steigerung des Leistungsstandes bei geringeren Startzahlen gegenüber der Einsitzer-Schulung mit sich.

Die längere Flugzeit, die jeder Anfänger gleich von Beginn an bei jedem Start hat, wirkt sich ebenfalls günstig aus. Ohne größere körperliche Anstrengung ist eine Steigerung der Startzahlen durch die geringen Transportwege möglich. Außerdem ist es vorteilhaft für den Schüler, wenn er auch bei härteren Witterungsbedingungen geschult werden kann.

Für die eigene fliegerische Weiterbildung des Segelfluglehrers ist die Doppelsteuer-Ausbildung ebenfalls ein Vorteil. Die vielen Flüge, bei denen er den Schülern die einzelnen Figuren vorzufliegen hat, festigen seinen eigenen Flugstil und seine fliegerischen Fertigkeiten ebenso wie die ständige Flug-

Kontrolle über seinen Schüler. Bei der Einsitzer-Schulung dagegen hatte der Fluglehrer nur wenige Möglichkeiten, für seine Weiterbildung zu sorgen, meistens war es mit einem Betriebssicherheitsflug und eventuell mit einem Heimflug abgetan.

Nachteile ergeben sich für die Doppelsteuer-Schulung nur dann, wenn es der Fluglehrer nicht versteht, den richtigen persönlichen Kontakt zum Schüler zu finden, wenn er nicht in der Lage ist, seine Schulmethode individuell anzuwenden. Er muß also darauf bedacht sein, seine Schulmethode auf die Fähigkeiten und charakterlichen Besonderheiten der ihm anvertrauten Schüler abzustimmen.

Selbstverständlich ist ein Doppelsitzer sehr teuer und bedarf einer guten Unterbringungsmöglichkeit; denn häufiges Auf- und Abrüsten ist ihm nicht zuträglich.

Durch rentable Ausnutzung wird aber der anfänglich größere Aufwand an finanziellen Mitteln wieder ausgeglichen. Bei nur einmaligem Gebrauch in der Wochenendschulung wird das allerdings nicht der Fall sein.

Eine Tatsache ist es jedoch, daß die Erziehung zum selbstbewußten Handeln bei der Doppelsteuer-Schulung etwas schwieriger als bei der Einsitzer-Schulung ist. Bei der letzteren ist der Schüler von Beginn an auf sich selbst angewiesen. Der Ausgleich dafür muß der stärkere erzieherische Einfluß des Fluglehrers sein.

Die D-Schulung führt zu einer größeren körperlichen und geistigen Anstrengung für den Fluglehrer. Auch hier sollte man sich nicht zuviel zumuten und nicht der Sucht nach hohen Startzahlen verfallen. Darunter leidet auf jeden Fall die Qualität der Ausbildung. Man kann nicht von morgens bis abends ununterbrochen im Flugzeug sitzen, ohne eine Pause zu machen. Wie schnell lassen dadurch die Nervenkräfte nach, und man wird müde, abgespannt und gereizt. Die Gefahr tritt auf, daß man ungerecht wird, die Leistungen des Schülers falsch beurteilt. Dadurch kann bei dem Schüler viel verdorben werden. Auch die Autorität des Lehrers leidet darunter, und das gegenseitige Vertrauen sinkt.

Nach unseren Erfahrungen ist es zu empfehlen, daß der Fluglehrer jeweils nach zehn Flügen eine Pause einlegt und auch 40 Starts an einem Tage nicht überschreitet. Ebenfalls muß er bei Unwohlsein oder Nachlassen der Konzentration den Flugbetrieb unterbrechen oder einstellen.

Es gibt Meinungen, daß durch die Doppelsteuer-Ausbildung dem Schüler alles leicht gemacht wurde. Die Erziehung zur Kameradschaft, zu Mut, Härte und Ausdauer würden hierbei unbefriedigend sein. Früher, so wird

gelegentlich gesagt, mußten sich die jungen Flieger bei der A- und B-Prüfung ihren Start sauer verdienen, und hierbei schieden sich dann die Geister. Damit ist gemeint, daß die Schwachen, Mutlosen vorzeitig ausschieden, und übrig blieben die wirklichen Flieger, die mit Lust und Begeisterung bei der Fliegerei waren.

Zweifellos hat die Hangschulung Vorteile zur Erziehung zum Kollektivegeist, zu Härte und Ausdauer; deshalb wird diese Schulung auch weiterhin bestehen bleiben, besonders aber dort, wo die Errichtung von Flugplätzen nicht möglich ist.

Deshalb soll aber keineswegs gesagt werden, daß in der Doppelsitzer-Schulung nicht auch die Möglichkeiten zu einer derartigen Erziehung bestehen, denn gerade durch die D-Schulung kann der Fluglehrer ständig und unmittelbar den Erziehungsprozeß der Schüler in unserem Sinne beeinflussen.

Wir sind der Ansicht, daß nur die geeignetsten jungen Menschen gute Flieger werden. Gemeint sind damit solche Menschen, die aktiv und zielbewußt arbeiten, die bereits gute Ergebnisse in ihrer Berufs- oder Lernarbeit zu verzeichnen haben und denen Begriffe wie Kollektivegeist, Mut und Ausdauer Lebensgewohnheiten geworden sind, zum Fliegen kommen. Die Ausbildung im Segelflug soll nicht nur zur Hauptaufgabe haben, solche edlen Eigenschaften erst herauszubilden, sondern sie sollen dadurch weiter geformt und gefestigt werden. Das Erleben des Segelfliegens, der stetige Kampf mit den Kräften der Natur, soll unseren Menschen neue Kraft für ihre Berufsarbeit geben, die sie zum Nutzen unseres Volkes leisten und sie zu willensstarken, mutigen Fliegern erziehen, die bereit und in der Lage sind, unseren Staat der Arbeiter und Bauern zu schützen. Allen diesen Aufgaben wird auch die Doppelsteuer-Schulung vollauf gerecht.

Für jeden Segelfluglehrer muß es selbstverständlich sein, jederzeit gewillt und bemüht zu sein, all sein Wissen und Können dem Schüler zu vermitteln. Jeder Lehrer wird stolz sein, wenn später sein ehemaliger Schüler größere fliegerische Erfolge als er selbst erzielt.

### *Zur Bodenvorbereitung*

Die Bodenvorbereitung für die jeweilige Übung muß gründlich, ausgiebig unter Zuhilfenahme von Modellen, Skizzen und Schilderung der praktischen Erfahrungen erfolgen. Morgens vor Flugbeginn ist eine kurze Wiederholung der Schwerpunkte unbedingt erforderlich. Der Fluglehrer stellt Kontroll-

fragen, um festzustellen, ob die Schüler sichere Kenntnisse für diese Übung besitzen. Hat ein Schüler die Voraussetzungen noch nicht erfüllt, so kann er an diesem Tage nicht die neue fliegerische Aufgabe erhalten. Zur besseren Veranschaulichung ist das Vorhandensein eines Flugmodells und einer kleinen Tafel für Kreidezeichnungen am Startplatz unerlässlich.

Der Flugauftrag wird vor dem Start am Boden gegeben. Er soll in kurzen Worten das Wichtigste für die einzelnen Flugaufgaben und die Korrektur von Fehlern der vorhergehenden Flüge enthalten. Gibt man den Flugauftrag erst nach dem Auskuppeln, je nach der erreichten Schlepphöhe, so wirkt sich das ungünstig aus. Dem Schüler wird dadurch wenig Zeit gegeben, seinen Flug richtig zu durchdenken, und die Ausführung des Fluges wird nicht von gleicher Qualität wie bei der ersteren Methode sein. Ebenso unangebracht sind Veränderungen des Flugauftrages oder zusätzliche Aufgaben während des Fluges, z. B. das plötzliche Ausnutzen von thermischen Aufwinden, während der Flugauftrag eine Platzrunde vorsieht. Der ursprüngliche Flugauftrag ist unbedingt zu erfüllen, und dann startet man nochmals mit dem vorher bekanntgegebenen Ziel zum Thermikflug.

#### *Das Verhalten des Fluglehrers während des Fluges*

Der Fluglehrer muß ruhig und sachlich auftreten, auch dann, wenn der Schüler die Aufgabe nicht erfüllt. Bei wiederholten hartnäckigen Fehlern darf er nicht ungeduldig werden, sondern dem Schüler die Übung dann mit deutlicher Erklärung der Steuertechnik noch selbst einmal vorfliegen. Die Haltung und überhaupt das Verhalten des Schülers muß er jederzeit sorgfältig beobachten (verkrampfte Haltung, Nervosität in der Steuerung usw. korrigieren). Die Übergabe der Steuerung vom Fluglehrer an den Schüler und umgekehrt erfolgt durch deutliche Kommandos. Zuerst das Ankündigungskommando „Steuerübergabe“, worauf der Übernehmende mit „Steuer übernommen“ antwortet. Ist die Übergabe erfolgt, so muß der Fluglehrer aber auch tatsächlich alle Steuer freigeben. Eine Unart verschiedener Fluglehrer ist es, daß sie entweder aus Bequemlichkeit oder aus Angst vor groben Steuerfehlern der Schüler die Füße nicht aus den Pedalen der Seitensteuerung nehmen. Durch diese Handlungsweise erzielt man beim Schüler Unsicherheit und verzögert den Prozeß der Erziehung zum selbständigen Handeln. Dieses Verhalten erschwert dem Fluglehrer die richtige Kontrolle über die Fähigkeiten des Schülers. Er wird schlecht die charakteristischen Fehler erkennen, woraus sich zusätzliche Starts sowie Zeitverluste ergeben.

Eingreifen in die Steuerung sollte der Fluglehrer erst dann, wenn nach seinem Hinweis oder Warnruf, wie z. B. „Horizontallage beachten“ oder „Schräglage zu groß“, keine Reaktion des Schülers zur Korrektur erfolgt und das Flugzeug eine unsichere Fluglage einnehmen will. Eine Ausnahme hierbei bilden der Start- und Landevorgang. Hier muß der Fluglehrer bei Gefahrenmomenten sofort eingreifen, um die sichere Fluglage wieder herzustellen. Bei zu flachen oder zu steilen Winkeln im Startvorgang muß er sofort die richtige Höhenrudereinstellung vornehmen. Danach aber sollte er den Schüler fragen oder ihm selbst sagen, warum er eingegriffen hat. Das gleiche gilt für den Landevorgang, wenn durch falsche Geschwindigkeit oder durch falsche Höhenschätzung die Gefahr einer harten Landung oder sogar eines Unfalls hervorgerufen wird.

Bei zu hohem Abfangen oder zu geringer Geschwindigkeit muß man bei geöffneten Landeklappen sofort entsprechend nachdrücken und die Landeklappen zügig, wenn notwendig ruckartig einfahren. Das Flugzeug wird sofort wieder flugstabil und nimmt Geschwindigkeit auf. Letzteres ist besonders beim Typ „Pionyr“ zu beachten.

Als gute Hilfe haben sich Versuche erwiesen, daß der Schüler seine beabsichtigten Steuerbewegungen laut ansagt. Dadurch soll eine Systematisierung und langsame Automatisierung der Handlungen erreicht werden. Des weiteren soll vermieden werden, daß der Fluglehrer vorzeitig in die Handlungen des Schülers eingreift.

Beispiel: Für eine Richtungsänderung um  $90^\circ$  sagt der Schüler: „Richtungsänderung um  $90^\circ$  links, Blickpunkt Kirchturm Laucha.“ Bei gleichzeitiger Betätigung der Steuer schildert er dann seine Handlungen: „Einleiten – Ruder normal – Aufrichten — Ruder normal.“ Schülern, die bestimmte Fehler in der Steuertechnik des Kurvenfluges zeigen, gibt man dann noch zusätzlich Aufträge wie: „Auf Horizontallage achten“ oder „Aufrichten und dabei etwas nachdrücken“ u. a.

Je besser die Ausführung des Programms vom Schüler beherrscht wird, desto kürzer kann die laute Formulierung dieser Hinweise erfolgen und schließlich ganz wegfallen.

Die größten Schwierigkeiten bereitet dem Schüler das Erlernen des einwandfreien Landeanfluges und der Landung. Hierbei treten die vielfältigsten Steuerfehler auf. Spricht der Schüler diese einzelnen Phasen des Landevorganges mit, so ist dieses niemals falsch, z. B. aus dem Queranflug: „Einkurven zum Landeflug – Geschwindigkeit aufholen – Klappen ziehen – anschweben – abfangen.“

### *Die Auswertung des Fluges*

Einige Hinweise kann der Fluglehrer bereits während des Fluges geben. Nach dem Flug analysiert erst der Schüler seine Flugleistung, und dann gibt der Fluglehrer seine Einschätzung und die Hinweise für die Korrektur der aufgetretenen Fehler. Lob und Tadel müssen immer im richtigen Maß angewandt werden.

Merkt der Fluglehrer, daß der Schüler auch bei seinem zweiten Flug des Tages nicht die von ihm gewohnten Flugleistungen zeigt, sondern sich vielleicht sogar verschlechtert, so muß der Fluglehrer entscheiden können, ob es besser ist, wenn der Schüler an diesem Tag nicht mehr fliegt. Es ist auch ratsam, die Zahl von vier hintereinander folgenden Starts nicht zu überschreiten; meistens machen sich dann Konditionsschwächen bemerkbar. Die Gesamtstartzahl an einem Ausbildungstag darf sieben nicht überschreiten.

Bei der gesamten Ausbildung ist zu beachten, daß die einzelnen Übungen des Kurven- und Seitengleitfluges sowie auch später alle Figuren in der Stufe II in wechselnder Richtung geflogen werden. Es wird somit die Herab-  
ausbildung einseitiger Fertigkeiten vermieden.

# Flugzeugschlepp

Von V. BÄUML (CSR) und J. KASZA (Volksrepublik Ungarn)

Der erste Flugzeugschleppversuch fand vor 30 Jahren, am 12. März 1927, statt. Rückblickend können wir feststellen, daß der Erfolg auch die kühnsten Erwartungen übertraf. Sicher war es damals den Teilnehmern und Augenzeugen des Versuches noch nicht klar, daß sich das Schleppflugzeug eines Tages zum wichtigsten Faktor des modernen Leistungssegelflugs entwickeln würde.

Man mag fragen, ob es sich überhaupt lohnt, für den Leistungssegelflug kostspielige Motorflugzeuge als Schleppflugzeuge einzusetzen und ob es nicht rentabler wäre, unter Ausnutzung der vorhandenen Windenaggregate auf den Windenschleppstart zurückzugreifen. Die zweite Lösung ist zweifellos rentabler, aber sie ist unzuverlässig. Mit dem Windenschleppstart gelingt es meist nur nach mehreren Starts, den Thermikschlauch zu erreichen. Das aber bedeutet Zeitverlust und stellt den Erfolg größerer Streckenflüge in Frage. Dagegen ist die Leistungssegelfliegerei durch den Flugzeugschlepp nicht an einen Flugplatz gebunden. Man braucht also keine genaue Kenntnis der thermischen Gebiete in der Umgebung des Flugplatzes. Man hat mehr Zeit und größere Möglichkeiten, die Thermik aufzuspüren, ja, der Pilot ist sogar in der Lage, in dem „Bart“ mit der günstigsten Steiggeschwindigkeit auszuklinken. (So löste ich einmal erst 70 Kilometer vom Flugplatz entfernt das Schleppseil, um einen Zielstreckenflug von 360 Kilometer anzutreten). Wenn der Segelflieger nach Streckenflügen auf einem entsprechend großen und glatten Feld landet, ist das Schleppflugzeug außerdem das ideale Rücktransportmittel!

Die kurzen Ausführungen zeigen jedem sehr deutlich, welche Vorzüge der Flugzeugschlepp aufweist.

Wollen wir uns nun in den folgenden Kapiteln über das Wissenswerteste des Flugzeugschlepps informieren.

## *Das Schleppflugzeug*

Früher verwendete man zumeist die auf dem Aussterbeetat stehenden langsamen Übungs- und Schulflugzeuge als Schleppflugzeuge. In einzelnen Fällen fanden sogar ausgemusterte Jagdflugzeuge mit einer Leistung von 300 bis 400 PS Verwendung, wenn ihre Mindestgeschwindigkeit sich für Schleppzwecke eignete und sie noch bei diesen geringen Geschwindigkeiten über ein günstiges Steigvermögen verfügten. Doch die Flugeigenschaften

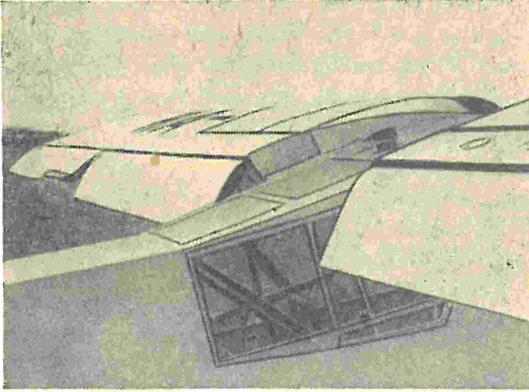
aller dieser Behelfsmaschinen waren nicht in allen Fällen gut, und sie mußten demzufolge mit der Zeit auch als Schleppflugzeuge ausgemustert werden. Die moderne Segelfliegerei braucht eigens für den Schlepp konstruierte Motorflugzeuge.

Die Auswahl des Schleppflugzeuges ist ein schwieriges Problem, weil ein modernes Schleppflugzeug über folgende Eigenschaften verfügen muß:

1. geringe Schleppgeschwindigkeit bei ausreichender Flugstabilität;
2. hohes Steigvermögen mit einem Segelflugzeug in Schlepp;
3. große Spurweite des Fahrwerks (Eignung für Landungen außerhalb des Flugplatzes);
4. gute Sichtmöglichkeit für den Flugzeugführer;
5. großer Leistungs-Überschuß;
6. die Reisegeschwindigkeit soll ohne Segelflugzeug im Schlepp an die der modernen Sportflugzeuge herankommen (verstellbare Luftschraube).

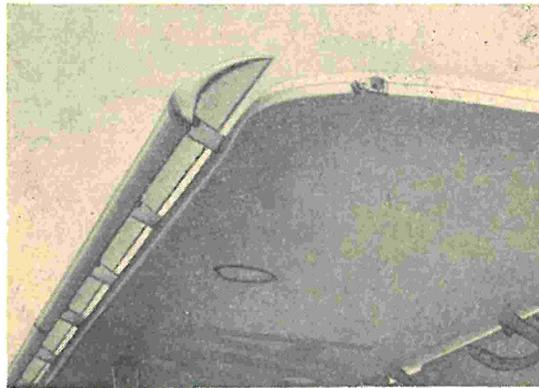
Für Schleppzwecke eignen sich langsame Motorflugzeuge mit geringer Flächenbelastung am besten. Die Mindestgeschwindigkeit des Schleppflugzeuges muß so niedrig liegen, daß es noch Segelflugzeuge mit einer Reisegeschwindigkeit von 70 bis 80 km/h schleppen kann. Wenn das Schleppflugzeug bei dieser geringen Geschwindigkeit noch als stabil bezeichnet werden kann, ist der Schlepp auch bei böigem Wetter verhältnismäßig leicht. Bei böigem Wetter muß der Schleppflugzeugführer sehr auf die Schleppgeschwindigkeit achten, was nur durch Einbau einwandfreier Instrumente ermöglicht wird. Das Schleppflugzeug benötigt zwar keine Spezialinstrumente, doch es muß über einen genauen Fahrtmesser und über ein sehr empfindliches Variometer verfügen. Man fragt oft, ob schwere oder leichte Schleppflugzeuge zweckmäßiger seien. Manche vertreten die Auffassung, daß ein schweres Schleppflugzeug den Vorzug hat, da es auch bei böigem Wetter ruhig fliegt.

Wenn wir diese Frage vom physikalischen Standpunkt untersuchen, so kommen wir zwangsläufig zu der Feststellung, daß das ideale Schleppflugzeug dasjenige Flugzeug ist, dessen Flächenbelastung annähernd der des Segelflugzeuges entspricht. Die Thermik- und Luftstöße sind Kräfte, die auf das Segelflugzeug ebenso einwirken wie auf das Schleppflugzeug. Aus der Physik ist uns die Tatsache bekannt, daß die gleiche Kraft eine kleinere Masse stärker beschleunigt als eine größere. Daraus folgt, daß es dann zu heftigen Seilstößen und sogar zum Zerreißen des Schleppseils kommen kann, wenn bei böigem Wetter die Beschleunigungen und folglich auch die Flächenbelastungen ungleich sind.



*Abb. 93:  
Wölbungsklappe  
am Schleppflugzeug*

Man kann die geringe Fluggeschwindigkeit und deren ständige Einhaltung durch den Einsatz verschiedener Hilfsmittel erreichen. Diese Hilfsmittel sind die Wölbungsklappe und der Vorflügel. Moderne Schleppflugzeuge verfügen über große Wölbungsklappen (Abb. 93). Mit diesen Klappen kann man die Wölbung des Flugprofils ändern. Bei entsprechender



*Abb. 94:  
Vorflügel  
am Schleppflugzeug*

Einstellung lassen sich niedrigere Fluggeschwindigkeiten erzielen. Der Vorflügel ist vor der Flügelvorderkante angebracht und verhindert, daß die Strömung am Flügelprofil beim Überschreiten des kritischen Anstellwinkels abreißt. So kann die Abreißgrenze bis zu einem Anstellwinkel von 30 bis 32° erhöht werden (Abb. 94).

Der Schleppflugzeugführer braucht vor allem beim schulmäßigen Schleppen eine gute Sicht nach allen Seiten. Am besten eignet sich dafür das offene Schleppflugzeug (PO-2), wo der Schleppflugzeugführer das Segelflugzeug gut beobachten und dem Flugschüler leicht die erforderlichen Signale geben kann. Da diese Signale in den einzelnen Ländern unterschiedlich gegeben werden, gehe ich auf die Handzeichen nicht ein.

Wichtiges Zubehör des Schleppflugzeuges ist die meist am Rumpfeende angebrachte betriebssichere Schleppkupplung. Die Schleppkupplung muß so beschaffen sein, daß sie vom Motorflugzeugführer auch dann betätigt werden kann, wenn das Segelflugzeug zu hoch oder zu niedrig folgt.

Schleppflugzeuge pflegen das Schleppseil noch vor der Landung über dem Startplatz abzuwerfen und setzen erst dann zur Landung an. Das bedeutet jedoch Zeit- und Materialverlust. Um dies zu vermeiden, wurde das ungarische Schleppflugzeug R-18 „Kánya“ (Weihe) mit einer Vorrichtung, die das Einziehen des Schleppseiles ermöglicht, ausgestattet (Abb. 95).

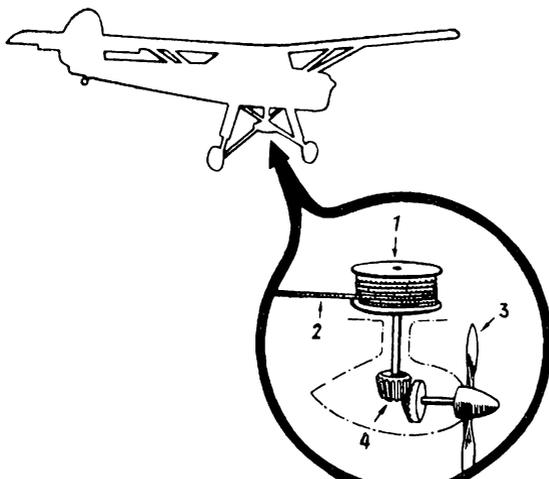
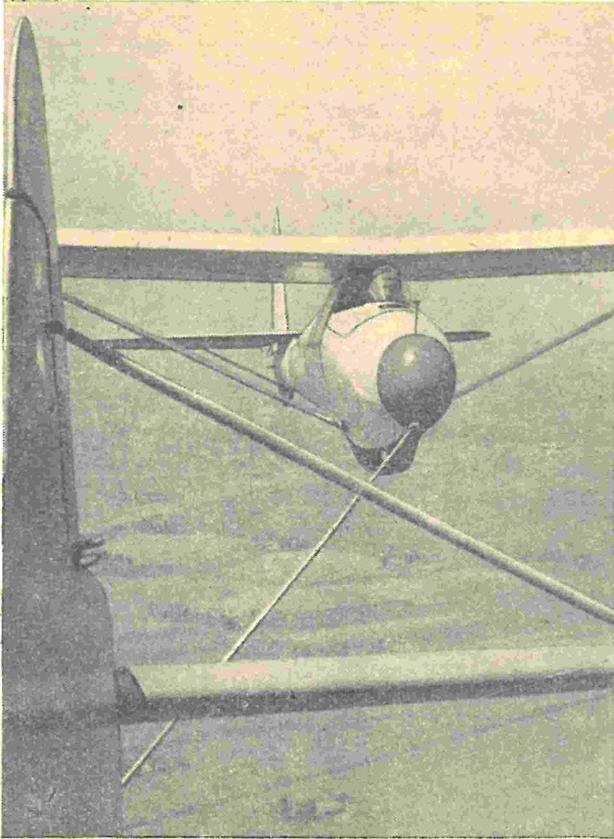


Abb. 95:  
Seileinziehvorrichtung  
des R-18 „Kánya“

- 1 = Seiltrommel
- 2 = Schleppseil
- 3 = Luftschraube
- 4 = Übersetzung

Während man als Schleppseil früher Stahlkabel verwendete, werden heutzutage meist Hanf- oder Perlonseile eingesetzt. Der große Vorzug des Perlonseils besteht in seiner Elastizität, die das Schleppen auch bei böigem Wetter angenehm werden läßt. Die Länge des Schleppseils beträgt gegenwärtig beim Leistungsschleppen etwa 25 bis 40 m. Es wurden auch schon Ver-



*Abb. 96: Segelflugzeug vom Typ „Pilis“ am Fünf-Meter-Schleppseil*

suche mit 5-m-Seilen gemacht (Abb. 96). Bei sehr böigem Wetter (beim Wellensegelflug) sowie beim Schleppen im Schulausbildungsbetrieb lohnt es sich, ein 50 bis 60 m langes Seil zu verwenden, welches die Führung des Schleppflugzeuges erleichtert.

Beim Schlepp zu Hochleistungsflügen hat sich das Telefonschleppkabel bewährt. Es ermöglicht eine persönliche Verbindung zwischen dem Schleppflugzeugführer und dem Segelflieger. Eine weit bessere Verständigungsmöglichkeit werden aber leichte, unkomplizierte und billige Funksprengeräte bieten.

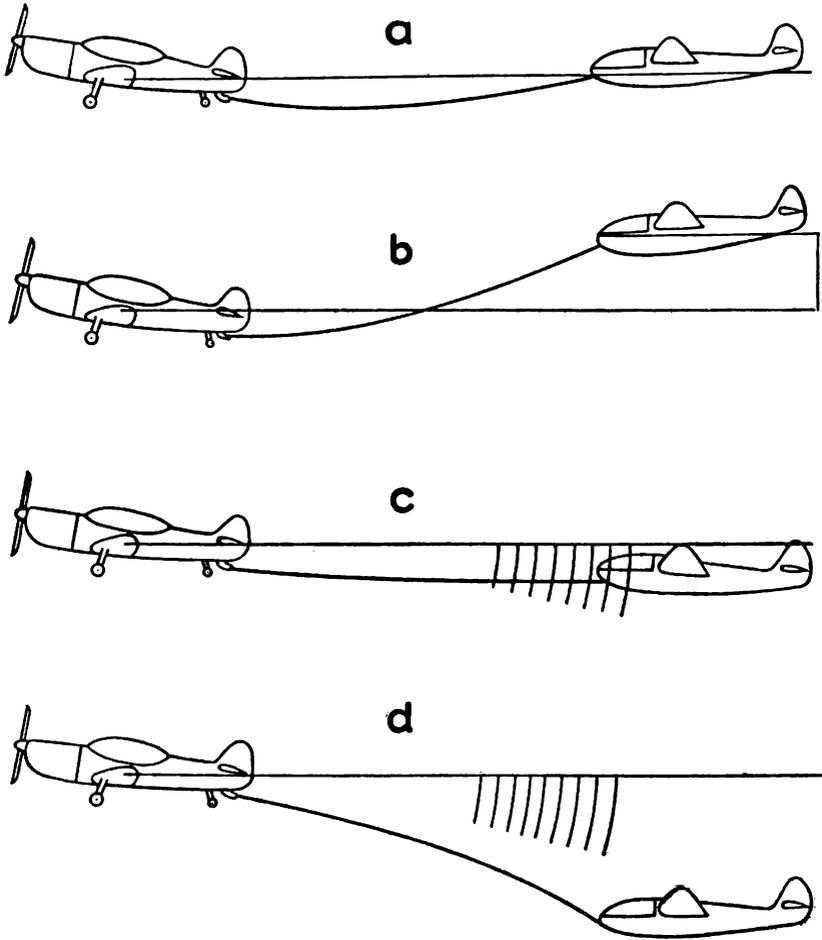


Abb. 97: Verschiedene Schleppfluglagen

a) Normaler Schlepp

c) Schlepp im Luftschraubenwirbel

b) Schlepp zu hoch

d) Schlepp unterhalb des Luftschraubenwirbels

## *Die Flugzeugschlepp-Praxis*

Nach dem Einklinken des Schleppseils am Segelflugzeug muß sich der Flugzeugführer überzeugen, ob die Sturzflugbremsen richtig schließen. Bei Flugzeugen mit Wölbungsklappen, vor allem bei Doppelsitzern, empfiehlt es sich, die Wölbungsklappen in Startstellung zu bringen, weil sich dadurch die Gleit- bzw. Rollstrecke des Segelflugzeuges und damit auch die Startstrecke des Schleppflugzeuges wesentlich verringert. Die Rudertrimmung muß vor dem Start etwas „kopflastig“ gestellt werden. Das ist notwendig, weil Segelflugzeuge beim Flugzeugschleppstart dazu neigen, überschnell abzuheben. Gründe hierfür sind einmal der stärkere Auftrieb, der sich aus der erhöhten Geschwindigkeit ergibt, zum anderen das Anheben des Rumpfbügel, da die Zugkraft unterhalb der Schwerpunktlinie des Flugzeuges angreift. Im übrigen kann dem Wegsteigen des Segelflugzeuges durch entsprechend feinfühliges „Drücken“ entgegengewirkt werden.

Im Augenblick des Startes muß man darauf achten, daß der Segler genau dem Schleppflugzeug folgt. Es kommt vor allem bei Anfängern vor, daß sie nicht auf die einwandfreie Querlage achten und das Flugzeug dann ausschert. Der Anfänger ist in diesem Fall bemüht, die Maschine mit dem Querruder in die ursprüngliche Lage zurückzubringen; weil ihm aber die Übung fehlt, wird das Flugzeug dann oft nach der anderen Seite ausscheren. Es ist also besser, die Richtung bei horizontalen Tragflächen mit wenig Querruder, dafür aber mit etwas mehr Seitenruderausschlag zu halten. So lange das Schleppflugzeug noch auf dem Boden rollt, ist es sehr wichtig, die richtige Höhe von maximal 1 m über dem Boden einzuhalten. Ein Übersteigen der Schleppmaschine kann, zumal wenn es ruckartig geschieht, dazu führen, das Schleppflugzeug auf die Nase zu reißen.

Schließen wir den ersten Abschnitt des Kapitels Flugzeugschlepp mit einer kurzen Zusammenfassung der Fehler beim Start zum Schleppflug ab.

1. Der Flugzeugführer richtet das Segelflugzeug auf der Erde nicht so aus, daß es auf dem Rad oder der Kufe rollt. Er erhöht die Reibung am Boden und verlängert dadurch den Start.
2. Die Ausschläge der Ruder sind zu klein oder kommen zu spät, das Segelflugzeug kommt aus der Richtung, neigt sich zu stark zur Seite und streift hierbei die Erde.
3. Der Segelflieger versucht zu zeitig abzuheben. Die Nase des Flugzeuges hebt sich zwar, jedoch der Sporn streift noch die Erde. Es besteht die Gefahr, den Sporn abzureißen oder den rückwärtigen Teil des Rumpfes zu beschädigen.

4. Der Segelflieger zieht den Steuerknüppel zu stark an. Das Flugzeug steigt schnell über die vorgeschriebene Höhe von 1 m hoch.
5. Der Pilot des Segelflugzeugs wirkt nicht genügend dem Druck des Steuerknüppels (schlecht ausgetrimmt) bei zunehmender Geschwindigkeit entgegen, und seine Maschine steigt höher als 1 m über die Erde.
6. Die Ruderbewegung zum Einhalten der 1-m-Schlepphöhe sind zu grob, das Segelflugzeug steigt und sinkt abwechselnd. Es kann sogar so grob gedrückt werden, daß es wieder auf den Boden stößt.
7. Der Segelflieger hält seine Maschine zu dicht am Erdboden und steigt nach dem Abheben des Motorflugzeuges hinter diesem in die Höhe, so daß er in den Luftschraubenwirbel gerät.

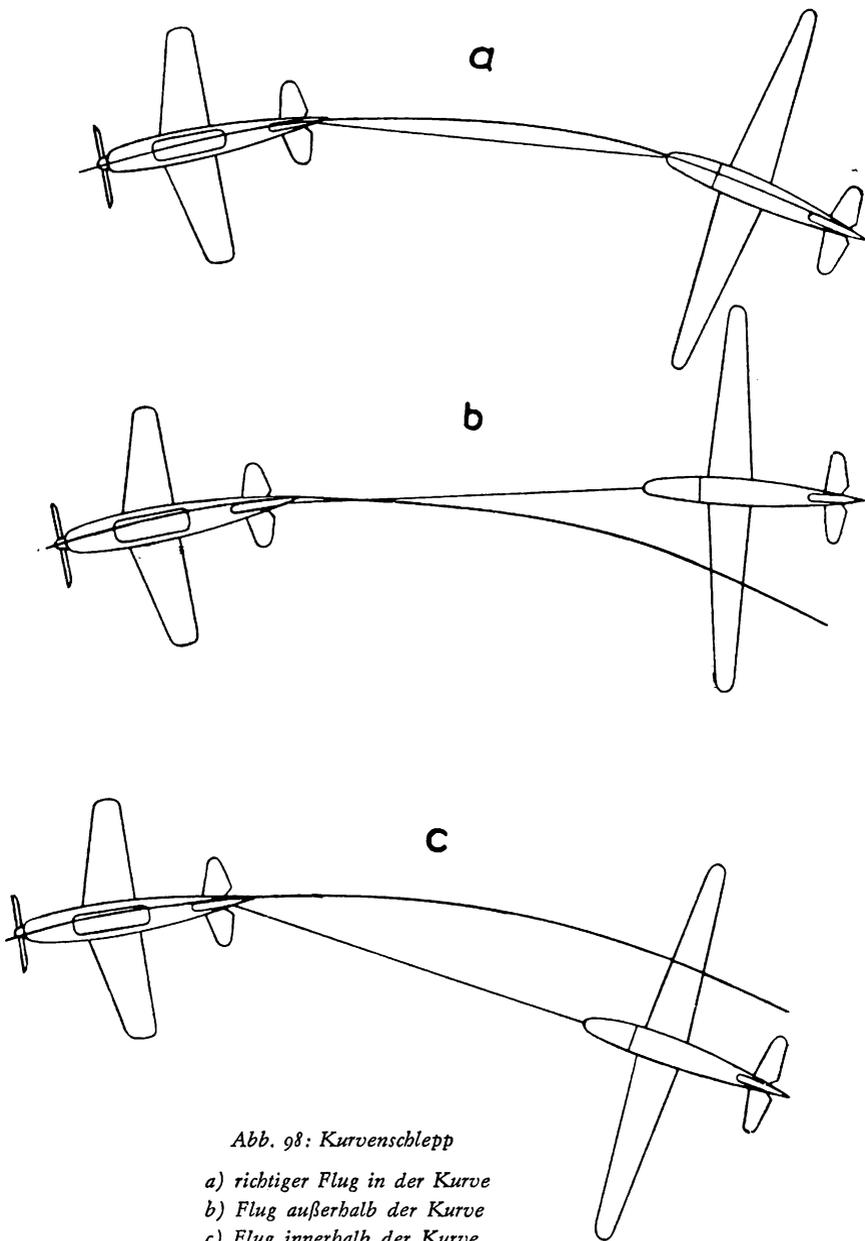
### *Der Schleppflug*

Nach erfolgtem Start hält man das Segelflugzeug so hinter dem Motorflugzeug, daß dessen Tragflügel in der Höhe des Horizonts liegen und das Seitenruder des Motorflugzeuges vor der Mitte der Kabine steht. Ist das Motorflugzeug unterhalb des Horizonts, so ist das Segelflugzeug zu hoch und zieht den Schwanz des Motorflugzeuges hoch.

Ist das Motorflugzeug über dem Horizont, so ist das Segelflugzeug zu tief und es droht, in den Luftschraubenwirbel des Motorflugzeuges zu gelangen. Das ist äußerst unangenehm, weil das Segelflugzeug abrutscht, sich stark neigt und schlecht auf die Ruderausschläge reagiert (Abb. 97).

Falls das Segelflugzeug aus der Richtung kommt, muß dieser Fehler korrigiert werden, indem man es mit Quer- und Seitenruder wieder in seine ursprüngliche Lage bringt. Bei kleineren Abweichungen dieser Art ist es vorteilhafter, nur das Seitensteuer zu verwenden, um ein unnützes Pendeln zu vermeiden. Bei größeren Abweichungen muß unter Zusammenwirken beider Ruder die alte Lage wieder hergestellt werden. Dabei muß man damit rechnen, daß das Segelflugzeug ein gewisses Beharrungsvermögen hat. Man muß das Flugzeug also schon frühzeitig aufrichten, um ein Ausbrechen nach der entgegengesetzten Seite zu vermeiden.

Kurven im Schleppflug werden so durchgeführt, daß der Rumpfbug des Segelflugzeuges immer in Richtung des Leitwerks der schleppenden Maschine weist. Beginnt das Motorflugzeug zu kurven, oder anders gesagt, nimmt es eine bestimmte Querlage ein, so muß das Segelflugzeug etwa mit halber Schräglage (je nach Typ und Seillänge) folgen. Quer- und Seitenruderausschlag müssen so groß sein, daß das Segelflugzeug dem Motorflugzeug folgt und die Kugel in der Libelle des Wendezeigers in der Mitte liegt (Abb. 98).



*Abb. 98: Kurvenschlepp*

*a) richtiger Flug in der Kurve*

*b) Flug außerhalb der Kurve*

*c) Flug innerhalb der Kurve*

Ist die Schräglage des Segelflugzeuges größer als die des Motorflugzeuges, so schmiert das Segelflugzeug zur Kurvenmitte und zieht auch den Schwanz des Motorflugzeuges zur Kurvenmitte. Die Längsachse des Motorflugzeuges wird dadurch nach außen gerichtet. Die Neigung des Segelflugzeuges darf also nie größer als die des Motorflugzeuges, ebenso darf der Bug des Segelflugzeuges auch nicht in die Kurve gerichtet sein.

Ist die Neigung des Segelflugzeuges kleiner als die des Motorflugzeuges, so zeigt die Nase des Segelflugzeuges nach außen. In diesem Fall wird das Motorflugzeug in die Kurve gedreht. Bei allen Kurvenflügen muß also die Regel eingehalten werden, daß der Horizont immer mehr die Mitte des Motorflugzeuges kreuzt.

Bei schlechter Sicht oder im Gebirge ist es vorteilhaft, sich die Verbindungslinie zweier Punkte am Schleppflugzeug als „künstlichen Horizont“ einzuprägen. So kann man vielfach ohne Horizontsicht fliegen, wenn man Fahrgestell und Leitwerk der Motormaschine in einer Ebene sieht.

Eine andere Art, die richtige Lage gegenüber dem Motorflugzeug einzuhalten, ist folgende: Man läßt das Segelflugzeug sinken, bis man sich im Luftschraubenwirbel befindet und zieht dann über diesem etwas hoch. Die so erreichte richtige Schlepplage versucht man beizubehalten.

Wenn das Seil während des Fluges durchzuhängen beginnt, muß der Pilot durch Querstellen des Segelflugzeuges (slippen) der Kraft, die bei plötzlichem Seilstraffen entstehen könnte, entgegenwirken. So werden ein ruckartiges Straffen und damit eine Beschädigung vermieden.

Entstehen Situationen, bei denen die Lage des Segelflugzeuges zum Motorflugzeug so unterschiedlich ist (besonders in Bodennähe, wo es eine Gefahr für das Motorflugzeug darstellt), daß sich der Segelflieger keinen Rat mehr weiß, so ist er verpflichtet auszuklinken. Dabei muß er selbstverständlich auf die Beschaffenheit des Geländes unter sich und auf die Schlepplage Rücksicht nehmen. Im allgemeinen erfolgt das Ausklinken des Segelflugzeuges erst dann, wenn der Schlepp-Pilot hierfür das Zeichen gegeben hat. Dieses Zeichen besteht darin, daß das Motorflugzeug „wackelt“.

Der Segelflieger kann aber auch selbständig ausklinken, wenn er merkt, daß er sich in einem starken Steigbereich befindet.

Merken wir uns noch die wichtigsten Zeichen während des Fluges:

Segelflugzeug ausklinken:

Wackeln (Querruder)

Rechtskurve:

Das Segelflugzeug schert nach links aus der Längsachse des Motorflugzeuges aus.

- Linkskurve: Das Segelflugzeug schert nach rechts aus der Längsachse des Motorflugzeugs aus,
- Größere Schleppgeschwindigkeit: Das Segelflugzeug steigt hoch über das Motorflugzeug,
- Geringere Schleppgeschwindigkeit: Das Segelflugzeug fliegt tief unter das Motorflugzeug.

Soll ein Abstieg durchgeführt werden, so steckt der Schlepp-Pilot seine Hand aus der Kabine und bewegt sie von oben nach unten.

### *Das Abwärtsschleppen*

Im Flugbetrieb kann es oft notwendig werden, mit dem gesamten Schleppzug tiefere Regionen aufzusuchen. Das tritt vor allem bei Überflügen von einem zum anderen Flugplatz und bei zu niedriger Wolkendecke auf. Diese Ausbildung sollte deshalb aus Sicherheitsgründen überall durchgeführt werden. Die Schwierigkeit beim Abwärtsschlepp besteht darin, daß das Segelflugzeug aerodynamisch besser durchgebildet ist, also beim Abstieg schneller an Geschwindigkeit zunimmt. So besteht die Möglichkeit, das Motorflugzeug zu überholen.

Der Abstieg kann, je nach der Situation, über und unter dem Luftschraubenwirbel durchgeführt werden. Dabei ist die Flugzeugführung in beiden Fällen gleich, nur die Lage gegenüber dem Motorflugzeug ist verschieden.

Wird der Abstieg oberhalb des Luftschraubenwirbels durchgeführt, befindet sich das Segelflugzeug hoch über dem Motorflugzeug. Wird der Abstieg unterhalb des Luftschraubenwirbels durchgeführt, so befindet sich das Segelflugzeug nur wenig unter dem Motorflugzeug. In beiden Fällen muß der Pilot des Segelflugzeugs zu Beginn des Abstieges die Sturzflugbremsen ausfahren, damit die aerodynamische Güte des Segelflugzeugs herabgesetzt wird. Das bedeutet, daß das Segelflugzeug keine größere Geschwindigkeit erreichen darf als das Motorflugzeug, damit das Schleppseil nicht zum Durchhängen kommt. (Bei Segelflugzeugen, die ein ausfahrbares Fahrgestell haben, ist es besser, wenn dieses ausgefahren wird). Die Größe des Klappenausschlags ist direkt vom Gleitwinkel und der Sinkgeschwindigkeit abhängig. Je größer der Gleitwinkel ist, desto mehr müssen die Bremsklappen ausgefahren werden. Die Abwärtsgeschwindigkeit ist so

einzuhalten wie bei normalem Steigflug, also 90–100 km/h oder  $-2\text{ m/s}$  maximal  $-5\text{ m/s}$  je nach Typ des Segelflugzeugs.

Die beste und auch angenehmste Lage für die beiden Flieger beim Abwärtsschlepp ist, wenn das Segelflugzeug unter dem Luftschraubenwirbel des Motorflugzeugs fliegt. Der Segelflieger hat eine gute Sicht zum Motorflugzeug, während der Führer des Motorflugzeugs den Knüppel nicht so stark ziehen muß und das Segelflugzeug beim Übergang in den Normalflug die Normallage frühzeitig einnehmen kann.

Es ist selbstverständlich, daß der Führer des Motorflugzeugs sehr feinfühlig mit Gas und Steuerung arbeiten muß. Der Schleppflugzeugführer muß, wenn der Abstieg fließend vor sich gehen soll, das Gas etwa um 100 U/min zurücknehmen und durch leichtes Ziehen die Geschwindigkeit mindern, damit diese nicht zu plötzlich ansteigt. Das muß mehrmals wiederholt werden, bis die vorschriftsmäßige Sinkgeschwindigkeit von 2–3 m/s erreicht wird. Kurven beim Aufwärtsschlepp werden wie bei normalem Flug durchgeführt, nur daß die Wirkung der Ruder geringer ist.

### *Doppelschlepp*

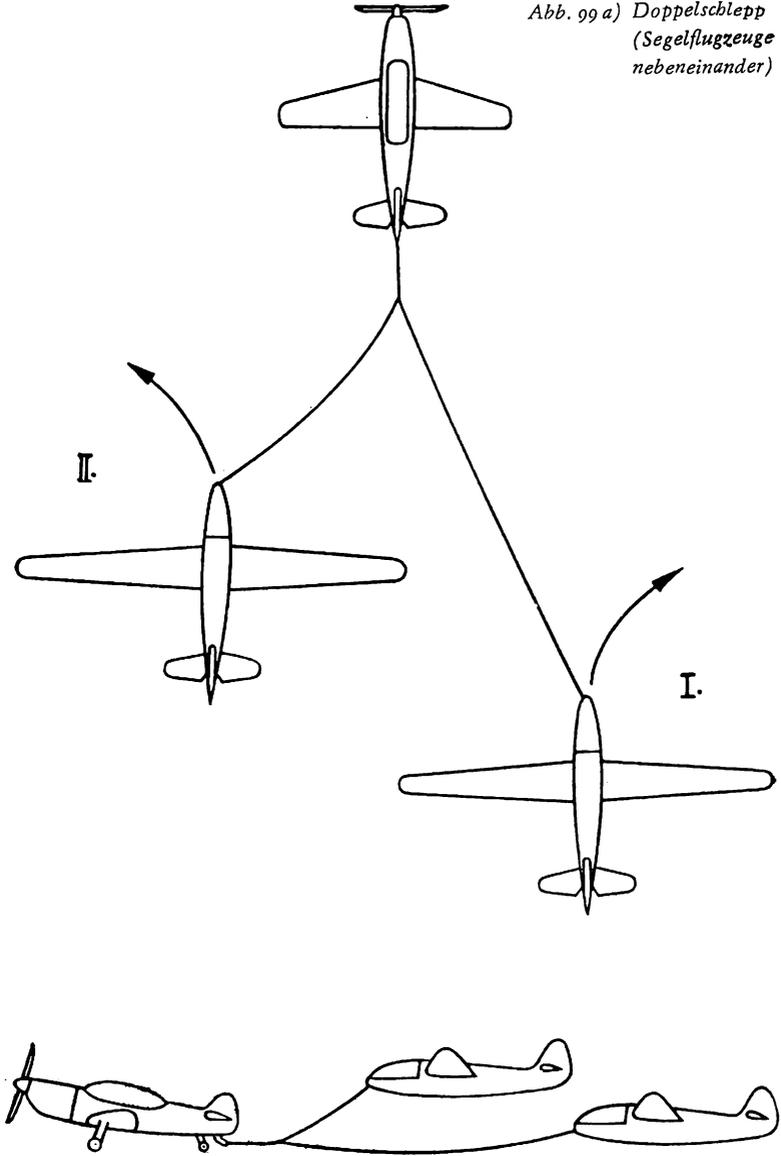
Der Doppelschlepp wird zum schnelleren Verlagern mehrerer Segelflugzeuge oder zum Üben des Gruppenflugs angewendet. Die Technik ist nur wenig von der des normalen Schlepps abweichend. Beide Segelflieger müssen lediglich ihre Richtung einhalten und als Blickpunkt die linke bzw. rechte Flügelspitze des Motorflugzeugs verwenden.

Eine andere Art ist der Schlepp beider Segelflugzeuge hintereinander in der Achse des Motorflugzeugs. Das ist fliegerisch leichter und für den Widerstand des gesamten Schleppzugs günstiger (Abb. 99).

Der Start zum Doppelschlepp kann nebeneinander oder hintereinander erfolgen. Der Start nebeneinander ist sicherer, erfordert aber größere Erfahrungen der Flugzeugführer und ist auf Grund des größeren Widerstands länger.

Der Start hintereinander ist leichter und auch kürzer. Beim Aussetzen oder beim Ausklinken des Motorflugzeugs ist aber eine sehr schnelle Reaktion beider Segelflugzeugführer notwendig, um sofort nach den Seiten abzukurven. Im Doppelschlepp übereinander fliegt das vordere Segelflugzeug in normaler Lage, während das rückwärtige unterhalb des Luftschraubenwirbels fliegt. Die Länge des Schleppseils beträgt 50–65 m, die des Zwischenseils 10 m.

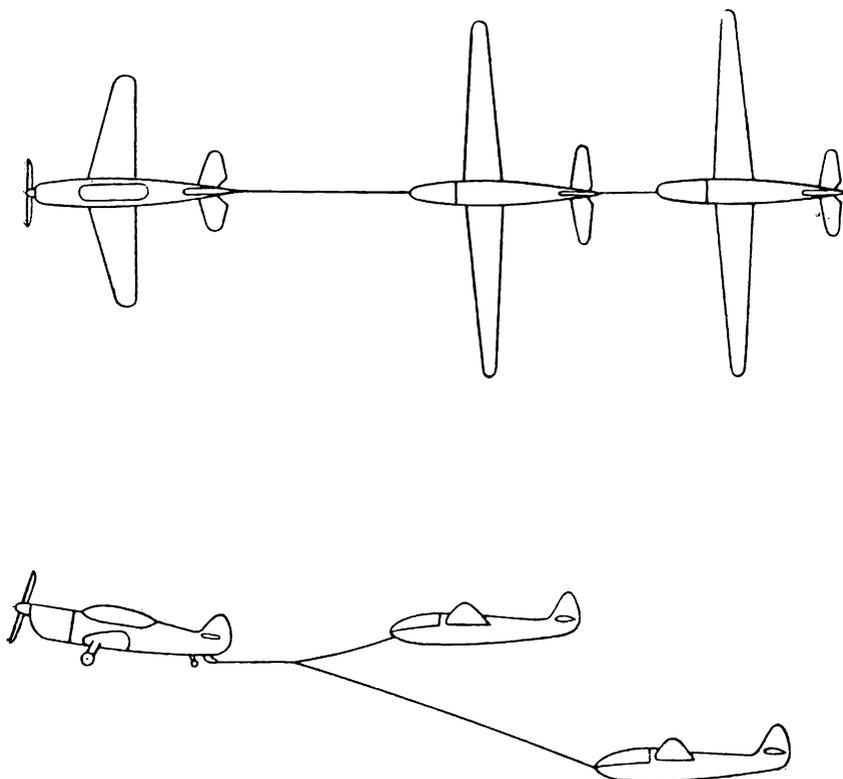
Abb. 99 a) Doppelschlepp  
(Segelflugzeuge  
nebeneinander)



### *Der Dreierschlepp*

Die Technik des Dreierschlepps ist wie die des Doppelschlepps, nur daß das dritte Segelflugzeug am längsten Seil in der Mitte fliegt. Beim Ausklinken klinkt zuerst das Segelflugzeug am längsten Seil aus und führt eine Rechtskurve durch. Dann klinkt das linke Segelflugzeug aus und fliegt eine Kurve nach links und als letztes das Segelflugzeug am kürzesten Seil, das nach rechts abkurvt.

Die Höhenunterschiede betragen jeweils etwa 3 m, wobei das rechte Segelflugzeug oben, das mittlere in der Mitte und das linke unten fliegt.



*Abb. 99 b: Doppelschlepp (Segelflugzeuge übereinander)*

### *Der Mehrschlepp*

Solche Starts werden sehr selten und nur bei besonderen Aktionen verwendet, beispielsweise bei Schau- oder Versuchsflügen. Mehrschlepps setzen sehr große Erfahrungen und gute Flugzeugführer wie auch starke Motorflugzeuge und große Flugplätze voraus.

### *Der Schleppstart von Notlandeplätzen aus*

Dieser Schlepp kommt sehr häufig vor, denn er ist das einzige Mittel, den Segelflieger nach vollbrachtem Auftrag, ohne das Segelflugzeug demonstrieren zu müssen, zum Flugplatz zurückzubringen. Derartige Schleppstarts werden hauptsächlich bei Wettbewerben verwendet. Insgesamt läßt sich sagen, daß sie sicher sind, aber starke Motorflugzeuge mit kurzen Lande- und Startstrecken voraussetzen. Am besten sind folgende Flugzeugtypen geeignet: „Storch“, „Brigadier“, „Kadett“ und „PO-2“. Es müssen solche Startflächen ausgesucht werden, die genügend Raum zum Landen wie zum Start des betreffenden Motorflugzeuges aufweisen. Vorteilhaft ist es, den Start gegen den Wind oder hangabwärts durchzuführen. Die vorgesehene Startfläche muß fest und in der Wind- oder Startrichtung frei von Hindernissen sein. Ein kurzes Seil von 5–20 m ist für diese Art des Schleppstarts günstig. Ein kurzes Seil hat den Vorteil, daß das Segelflugzeug nach dem Anwerfen des Schleppflugzeugmotors in dem starken Luftschraubenwirbel steht. So ist es möglich, die Tragflügel auch ohne Helfer in Startstellung zu halten.

Für den Motorflieger, der auf dem Notlandeplatz den Schleppstart durchführen will, ist es ratsam, zunächst einen Solostart durchzuführen, um die Beschaffenheit und die Ausmaße der Startbahn kennenzulernen.

# **Meteorologische Bedingungen für den Leistungssegelflug**

Von Dr. LADISLAV HAZA (CSR)

In den letzten Jahren hat der Geschwindigkeitszielflug in der Wertung einer Segelflugleistung die bisherige Leistungsdisziplin Wolkenflug fast verdrängt. Damit wurde dem Segelflug eine neue Richtung gewiesen, die eine bessere Kenntnis der Navigation, eine erfahrenere meteorologische und taktische Ausnutzung der Konvektion (Thermik) voraussetzt und damit einen tatsächlichen Fortschritt darstellt. Es dominieren heute Flüge in geschlossenen Bahnen, den sogenannten Geschwindigkeitsdreiecken, also Flüge mit Rückkehr zum Startplatz, die dadurch der zuverlässigste Leistungsmaßstab sind. Es wäre falsch, wenn wir nun den Wolkenflug zur Erreichung größerer Höhen ablehnen würden. Abgesehen davon, daß das Fliegen nach Instrumenten sauberste Flugzeugführung voraussetzt, kann das gesteckte Ziel, die beabsichtigte Höhe, nur in einer aufgetürmten Cumulus oder in einer Gewitterwolke erreicht werden. Die Situationen, die dem Segelflieger viel Schweiß und Anstrengung kosten, wenn er in geringer Höhe jede Gelegenheit ausnutzen muß, um langsam Höhe zu gewinnen, sind gut bekannt. Sehr viel günstiger ist die Situation dagegen in den Wolken, die bessere Voraussetzungen bieten, um auch größere Leistungen zu vollbringen. Die Ausnutzung von Gewittern zu Langstreckenflügen bleibt – sofern es sich um Frontgewitter handelt – vorläufig im wesentlichen nur eine theoretische Überlegung. Dem Vorteil von mehreren Tausend Metern Höhe, die man in größere Fluggeschwindigkeiten umsetzen könnte, stehen bedeutende technische Hindernisse, wie z. B. die Vereisung der Flügel und der Kabine, die Mitnahme eines Sauerstoffgerätes mit mehreren Reserveflaschen, die Ausrüstung mit zusätzlichen Instrumenten u. a. m. entgegen. Außerdem sind die geeigneten Wetterverhältnisse recht selten. Es bleibt also dem Segelflieger oft nichts weiter übrig, als auf die für Streckenflüge geeigneten Windverhältnisse zu hoffen. In der Hauptsache sind es die westlichen oder nordwestlichen Strömungen, die in Europa ausgenutzt werden. Zielflüge über 300 km können mit Erfolg in verhältnismäßig kleinen Durchflugstreifen im Bereich von Hochdruckrücken und Zwischenhochs durchgeführt werden; auch bei weniger beständiger Wetterlage, wobei größere Windgeschwindigkeiten nicht gegeben sein dürfen.

Das Durchfliegen einer Entfernung von über 500 km unter Verwendung der üblichen Segelflugzeug-Typen erfordert eine ausgesprochen gute Wetterlage mit größeren Windgeschwindigkeiten. Die Bedingungen sind an der Rückseite einer Zyklone gerade beim Übergang zu antizyklonaler Druckverteilung bei noch vorhandener günstiger Strömung am geeignetsten. Der Wind ist einerseits für eine regelmäßige, gleichmäßige Entwicklung der Konvektion, andererseits zur Erreichung einer hohen Reisegeschwindigkeit notwendig. Die zeitlichen Intervalle mit günstigem Streckenwetter werden unterschiedlich sein, denn sie sind an den Übergang von zyklonaler in antizyklonale Druckverteilung gekoppelt. Es ist bekannt, daß der Start bei allmählichem Aufbau hohen Druckes, aber nicht später als etwa 24 Stunden nach dem Durchgang der Kaltfront, am günstigsten ist.

Ein weiteres ausnutzbares Zeitintervall stellen die charakteristische Abnahme des Windes und die langsame Stabilisierung dar, die günstige Bedingungen für den Zielflug bis 300 km bieten, manchmal auch Flüge auf geschlossenen Bahnen ermöglichen, wenn der Wind nur geringe Geschwindigkeiten erreicht. Hierbei ergeben sich dann die für antizyklonale Druckverteilung typischen Verhältnisse, die durch die geringe Menge flacher Cumuluswolken charakterisiert ist.

Um höhere segelfliegerische Leistungen zu erreichen, gilt es, die gegebene Wetterlage und die weitere Entwicklung des Wetters richtig einzuschätzen, um hieraus die günstigste Flugdisziplin abzuleiten. Zum größten Teil wird diese Einschätzung von den Segelfliegern selbst durchgeführt, denn es bestehen bisher nur wenige Flugplätze, wo Segelflug-Meteorologen vorhanden sind. Inwieweit dann die Abschätzung richtig war und damit die Ausnutzung des Wetters erfolgreich sein kann, hängt von den theoretischen und praktischen Erfahrungen jedes Piloten ab. .

Die folgenden Abschnitte sollen deshalb dem Segelflieger bei der Analyse der Wetterlage und der feineren Beurteilung der Einflüsse einzelner meteorologischer Faktoren helfen. Sie können allerdings nur Richtschnur, niemals „Kochbuch“ sein.

## **Die Luftmassen**

Die Konvektion (vertikale Bewegung der Luftteilchen) ist – vom Standpunkt des Segelfliegers – durch die Art und Form der Haufenwolken, die Anzahl der auf- und absteigenden Strömungen und deren Vertikalgeschwindigkeit gekennzeichnet. Sie ist von physikalischen Vorgängen in der Luftmasse abhängig.

Der periodische Tages- und Jahresgang der Erdoberflächentemperatur, die sich auf die darüberliegenden Luftmassen überträgt, ruft Änderungen der Stabilität der unteren Luftschichten hervor. Der jeweilige Grad der Stabilität – und damit auch die Intensität der konvektiven Erscheinungen – hängt unter anderem von den Temperaturverhältnissen des Teiles der Erdoberfläche ab, von dem eine Luftmasse ihren Ausgang nahm und gleichzeitig von dem Teil der Oberfläche, über welcher sich die Luftmasse gerade befindet. Allgemein wird die Stabilität bei der Verlagerung warmer Luftmassen über eine kalte Oberfläche hinweg wachsen, da der vertikale Temperaturgradient dabei abnimmt. Im Gegensatz hierzu wird sich die Stabilität bei der Verlagerung kalter Luftmassen über eine warme Oberfläche hinweg verringern, da der vertikale Temperaturgradient zunimmt. Die Massen werden dadurch labilisiert. Für den Segelflieger ist gerade dieser zweite Fall, da die Labilität zunimmt, von Interesse. Allgemein ist dieser Vorgang in der warmen Jahreszeit zu beobachten, da der größte Teil der Luftmassen, die nach Mitteleuropa vordringen, sich an der Erdoberfläche erwärmt.

Welches Wetter in einem Gebiet vorherrscht, hängt von der Gesamtverteilung des Luftdrucks ab, denn dadurch sind die Strömungsrichtung und gleichzeitig auch der Luftmassentyp gegeben.

Um nun die verschiedenen Luftmassen entsprechend ihrer segelfliegerischen Möglichkeiten beurteilen zu können, seien nachfolgend einzelne Luftmassen näher beschrieben. Es wird dabei interessant sein, ihre charakteristischen Merkmale anhand der Arten und Formen der auftretenden Haufenwolken kennenzulernen.

### *Die arktischen Luftmassen*

Die arktischen Luftmassen, ob maritim ( $mP_a$ ) oder kontinental ( $cP_A$ ), sind im Gebiete ihrer Entstehung (Nördliches Eismeer und Barents-See - siehe Abb. 100) ausgesprochen stabile Luftmassen. Erst bei der Verlagerung in südlichere Breiten nimmt ihre Stabilität laufend ab, sobald die Temperatur der Erdoberfläche, über die sie hinwegstreichen, zunimmt. Andererseits bedeutet ihr Durchgang in Mitteleuropa, ohne Rücksicht auf die Jahreszeit, immer eine Abkühlung.

Die Konvektion in den beiden Luftmassentypen unterscheidet sich auf Grund der unterschiedlichen Luftfeuchte.

Der höhere Feuchtigkeitsgehalt in  $mP_A$  zeigt sich in der reicheren und intensiven Entwicklung der konvektiven Bewölkung und der Nieder-

schläge, zum Unterschied zur cPA, in der diese Erscheinungen mehr unterdrückt werden. Ein schnellerer Einbruch arktischer Luft ruft eine große Instabilität der untersten Luftschichten hervor. Bei günstiger Schichtung enthält man den idealen Wassertyp für Zielstreckenflüge. Er wird charakterisiert durch eine Bedeckung von etwa 4–6/8 Cu und Sc mit

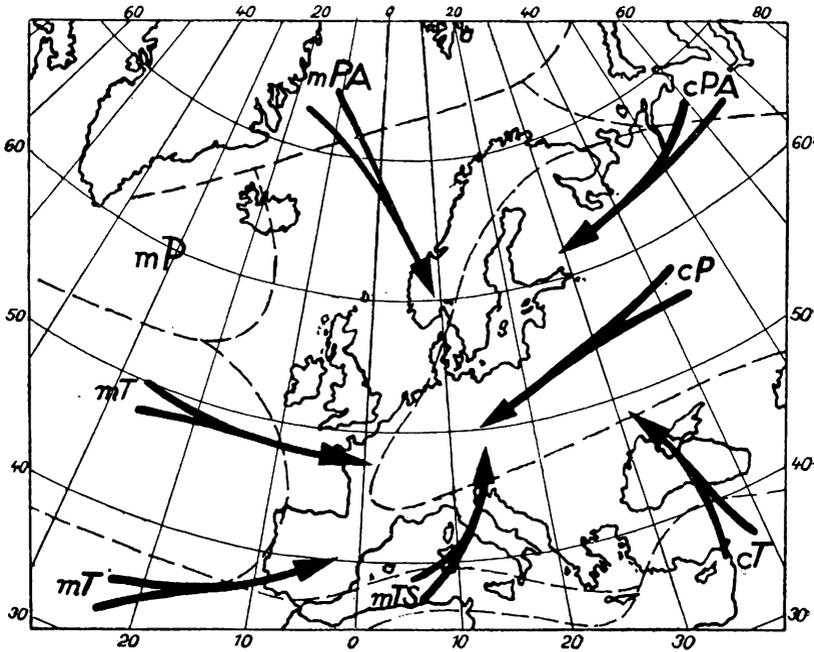


Abb. 100: Herkunft und Weg der nach Mitteleuropa eindringenden Luftmassen

etwas zerfranst, leicht blumenkohlartigen Umrandungen. Das stärkste Steigen findet man an der dem Wind zugekehrten Seite der Wolke. Diese Bewölkung neigt dazu, sich zu größeren Komplexen zu verbinden, so daß es ohne Kreisen möglich ist, einen längeren Geradeausflug ohne nennenswerten Höhenverlust durchzuführen. Genauso häufig ist allerdings auch der völlige Übergang in Stratocumulus, was allerdings der erfolgreichen Fortsetzung des Fluges weniger dienlich ist.

Die aufsteigenden Strömungen sind turbulent und bei einer Vertikalgeschwindigkeit von 2–3 m/s sowie maximaler Steiggeschwindigkeit von 5 m/s scharf abgrenzt.

Die Wolkenbasis liegt ungefähr zwischen 1200–1600 m Höhe. Auf Abb. 101 sind der angeführte Typ der Bewölkung, die vertikale Verteilung der Temperatur und die Feuchtigkeit gezeigt.

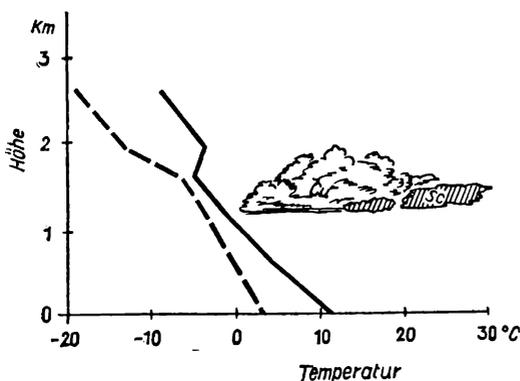


Abb. 101:  
Typische  
Konvektionsbewölkung  
mit vertikaler Verteilung  
von Temperatur  
und Taupunkt in arktischen  
Luftmassen

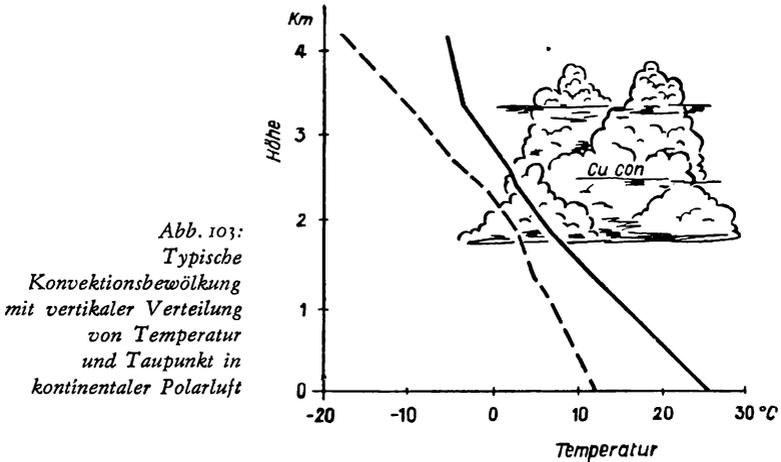
### Die polaren Luftmassen

Die kontinentalen (cP) und die maritimen (mP) polaren Luftmassen unterscheiden sich grundsätzlich voneinander. Dies ist wiederum durch den Untergrund, über dem sie entstehen, bedingt. Die kontinentale Luft aus dem europäischen Bereich der UdSSR ist labil und stellt eine warme Luftmasse mit verhältnismäßig geringer Luftfeuchtigkeit dar. Ihr Vorstoß nach Mitteleuropa, bedingt durch einen Hochdruckkeil mit Zentrum über Skandinavien, stellt den Typ des Segelfluggewetters dar, der für Flüge auf geschlossenen Strecken geeignet ist.

Bei größeren Windgeschwindigkeiten sind die konvektiven Erscheinungen ähnlich denen, die bei der arktischen Luft beschrieben wurden, nur mit dem Unterschied, daß man geringere Mengen vorfindet und die Basis der Haufenwolken höher liegt.

Bei geringeren Windgeschwindigkeiten dagegen macht sich die Sonnenstrahlung geltend, die die Labilität der unteren Luftschichten stark fördert. Infolge der starken Überhitzung kommt es des öfteren zur Bildung hoher Haufenwolken (Cu con), besonders in hügeligem und bergigem Gelände.

Die Bewölkung – siehe Abb. 102 – ist charakterisiert durch eine ausgeprägte blumenkohlartige Form mit scharfen Rändern und einer dunklen, ziemlich glatten, horizontal verlaufenden Basis, die in etwa 2000 m Höhe liegen kann. Es besteht eine verhältnismäßig geringe Zerfalltendenz bei

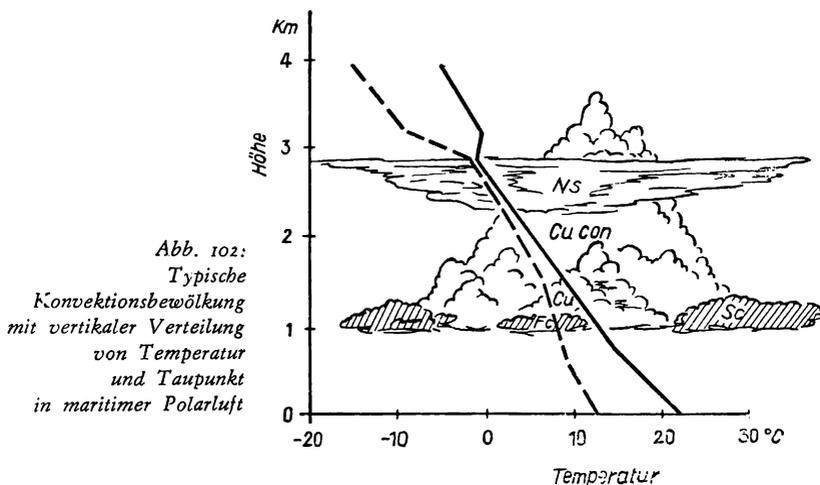


Ac cug oder Sc. Bei bestimmten Wetterlagen behält die Wolke ihre ausgeprägte Form bei, auch wenn bereits keine ausnutzbaren Steigbereiche mehr unter ihr vorhanden sind. Der Zerfall ist bei sorgfältiger Beobachtung erkennbar, und zwar entsteht eine gewisse „Durchsichtigkeit“ der Wolke, und es beginnt der Übergang der einfarbigen, dunklen Unterseite zu unregelmäßiger, wechselnd dunkler und heller Fleckenbildung. Die Steigbereiche sind an der Wolkenuntergrenze turbulent, in den höheren Bereichen dagegen bedeutend ruhiger und auch breiter. Sie erreichen eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 3 m/s bis 5 m/s maximal. Die Abstände zwischen den einzelnen Steiggebieten sind so groß, daß sie für Segelflieger, die in geringer Höhe fliegen, ein großes Risiko darstellen und zu vorzeitiger Landung zwingen können.

### Die polare Meeresluft

Die Meerespolarluft dringt bei Westwetterlagen aus den mittleren Breiten des Atlantischen Ozeans nach Europa vor. In der warmen Jahreszeit macht sie sich durch Abkühlung bei größerer Luftfeuchtigkeit bemerkbar.

Es bilden sich Haufenwolken der Typen Cu, Cu con, Sc und Fc bei einer verhältnismäßig geringen Basishöhe von etwa 1000 m. Bei größeren Höhen der konvektiven Schichten und einer frischen, westlichen Strömung kommt es zur Entwicklung hoher Cu con von kegelartiger Form mit scharfen, blumenkohlartigen Umrissen der Gipfel und geradlinigen, ausgesprochen dunklen Grundflächen. Sie bilden oft Reihen, überwiegend in westöstlicher Richtung (Abb. 103).



Bei gleichzeitigen Regenschauern kommt es zum Zerfall in Sc und Fc, manchmal auch zum Übergang in Ns- oder As-Wolken. Der Zerfallsbereich ist hierfür sehr ausgedehnt, so daß der Segelflieger unter ihrer Basis zur Landung gezwungen wird. Es ist deshalb zweckmäßig, diese Wolken zu umfliegen.

Die eben geschilderten Luftmassen haben wegen ihrer Häufigkeit für den Segelflieger in Mitteleuropa besondere Bedeutung. Im Rahmen dieses Beitrages konnte natürlich nur die Beschreibung des jeweils günstigsten Wettertyps für Segelflieger erfolgen. Es ist wohl jedem verständlich, daß es zu einer derartigen Entwicklung nur bei bestimmten Lagen kommen kann, bei denen die meteorologischen Elemente in so „idealem Sinn“ zusammentreffen, daß eben eine „ideale“ Wetterbildung möglich ist.

Bis zu einem gewissen Grade kann man sagen, daß zu jeder Luftmasse ein bestimmter charakteristischer Konvektionstyp gehört. Umgekehrt kann man bei einiger Übung auf Grund der sichtbaren Merkmale der Kon-

vektion eine grobe Einschätzung der Herkunft der Luftmassen vornehmen. Der Vollständigkeit halber sei nachfolgend noch die Charakteristik der tropischen Luftmassen kurz beschrieben. Auf Grund ihrer geringen Steigintensität und der schwierigen Ausnutzbarkeit ihrer konvektiven Erscheinungen haben sie weniger Bedeutung für den Segelflieger.

#### *Die kontinentale Tropikluft (cT)*

Ihr Entstehungsgebiet befindet sich im Bereich von Nordafrika, Arabien und auf dem Balkan. In Mitteleuropa macht sie sich stets durch Erwärmung bemerkbar. Sie ist verhältnismäßig labil. Im Winter sinkt die Labilität der bodennahen Schichten – infolge der laufenden Abkühlung von der kalten Erdoberfläche her – ab. Flache, unbedeutende Cumuli gehen meist in wolkenlose Konvektion über. In gebirgigen Gegenden und an den Wetterfronten kann es zu Regenschauern und Gewittern kommen.

#### *Die maritime Tropikluft (mT)*

Sie ist im Bereich ihrer Herkunft, den subtropischen Breiten des Atlantischen Ozeans, eine Luftmasse. In Mitteleuropa macht sie sich oft durch reichliche Bewölkung von großer vertikaler Ausdehnung, bedeutenden Regenfällen und intensiven Gewittern bemerkbar, die meist durch die Nähe der Fronten bedingt sind. Die durchschnittliche Steiggeschwindigkeit beträgt etwa 0,5–1,5 m/s. Bei verhältnismäßig schwachem Steigen und schlechter Sicht lassen sich die tropischen Luftmassen nur zu örtlichen Flügen ausnutzen. Manchmal lassen sie sich zu Höhenflügen ausnutzen, die aber nur nach dem Ausklinken dicht unterhalb der Wolkenbasis oder aber in größerer Höhe möglich sind.

Für die Intensität jeglicher Konvektion ist es entscheidend, ob sich die Luftmasse über der Erdoberfläche, über die sie hinwegstreichen, erwärmt (wenn sie ursprünglich kälter ist als die Erdoberfläche) oder ob die Erwärmung auf Grund des längeren Verweilens bereits erfolgt ist (die Temperatur der Luftmasse befindet sich also im Gleichgewicht mit derjenigen der Erdoberfläche). Im ersten Fall werden günstige Bedingungen für Zielflüge, im zweiten nur für örtliche Flüge bestehen.

#### **Lage und Intensität der Druckgebiete**

Für eine umfassende Voraussage der Wetterentwicklung haben Lage und Intensität der Druckgebiete sowie voraussichtliche Änderung grundsätzliche Bedeutung. Vom Druckgradienten hängt die Windgeschwindigkeit

ab, die aus der Dichte der Isobaren zu erkennen ist. Aus der Schwerpunktlage der Druckgebiete sind Windrichtung und Typ der Luftmasse abzuleiten. Für die Art und Menge der konvektiven Bewölkung sowie für die Verteilung der Steig- und Sinkbereiche ist entscheidend, ob zyklonaler oder antizyklonaler Einfluß überwiegt. Dies ist an der Krümmung der Isobaren auf der synoptischen Karte und an der Form der Schichtenkurven in den aerologischen Karten, gegebenenfalls durch den Verlauf der Taupunktkurven, zu erkennen.

Bei zyklonaler Krümmung der Isobaren, d. h., wenn der Wind in dem untersuchten Raum immer nach links dreht, wird die Witterung vorherrschend, wie sie in Abb. 104a dargestellt ist. Es bilden sich also hohe Haufengewölke des Typs Cu, Cu con oder auch Cb, aber auch eine bedeutende

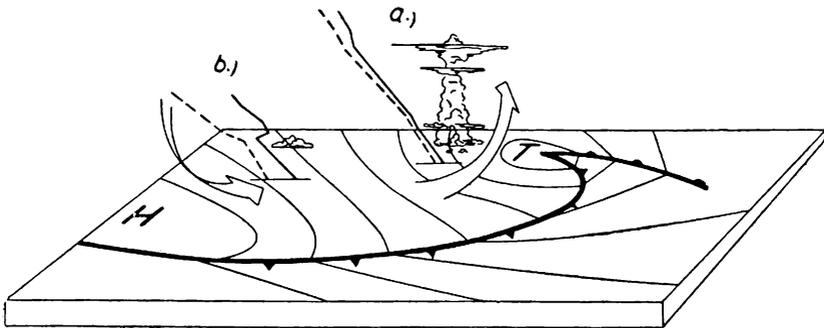


Abb. 104: Zyklonale (a) und antizyklonale (b) Druckverteilung mit charakteristischen Wolken

Menge von niedrigen Sc und Fc, von mittelhohen Ac und As und der hohen Cs-Bewölkung. Größere Mengen mittelhoher und hoher Bewölkung verhindern die Sonneneinstrahlung und damit eine große vertikale Mächtigkeit der Konvektionsschichten. Es kommt daher zu unregelmäßiger Entwicklung der Konvektion sowie zu Regenschauern, und es entstehen in diesem Bereich Bedingungen, die für den Segelflieger schwer ausnutzbar sind. Diese Entwicklung ist durch die Vertikalbewegung im Bereich der Zyklone als Folge des Zusammenströmens der Konvergenz der Luftströmungen in den unteren Schichten bedingt (Abb. 105). Bei antizyklonaler Krümmung der Isobaren, d. h., wenn der Wind im betrachteten Raum ständig nach rechts dreht (es gelten hier die Verhältnisse auf der

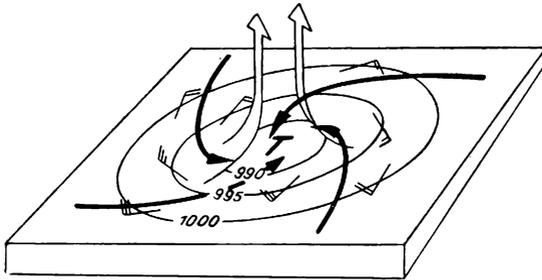


Abb. 105: Das Zusammenfließen - Konvergenz - der Luftströmungen in der Zyklone mit den zur Mitte der Zyklone laufenden Bahnen - Trajektooren - der Luftteilchen

Nordhalbkugel), wird die Witterung überwiegen, die in Abb. 104b dargestellt ist. In einer bestimmten Entfernung vom Kern der Zyklone, wo sich noch eine ausgeprägte Strömung bemerkbar macht, ist dies durch etwa 3/8-5/8 Cu-Bewölkung, von schwacher Vertikalentwicklung und durch gleichmäßig verteilte Steig- und Sinkbereiche charakterisiert. Hohe und mittelhohe Bewölkung fehlen meist, und es besteht kein merklicher Zerfall in Stratocumulus (Sc), besonders in gebirgigem oder hügeligem Gelände. Die von der Sonneneinstrahlung abhängige Entwicklung der Konvektion beginnt am Vormittag und endet in den Abendstunden (Auflösung der Haufenwolken). Dieser Fall stellt die beste Bedingung für den Zielflug dar.

Die angeführte Entwicklung wird durch die absteigende Bewegung in der Antizyklone als Folge des Auseinanderfliegens, der Divergenz, der Luftströmungen der unteren Schichten bestimmt (Abb. 106). Beim Druckanstieg

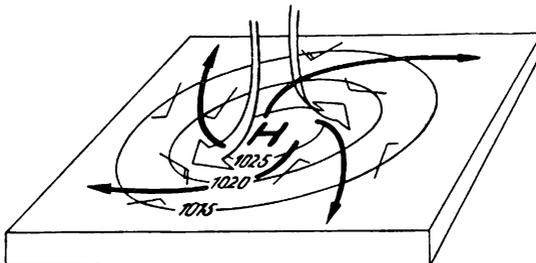


Abb. 106: Das Auseinanderfließen - Divergenz - der Luftströmungen in der Antizyklone mit den aus der Mitte der Antizyklone herauslaufenden Bahnen - Trajektoren - der Luftteile

erwärmt sich die Luftmasse adiabatisch, und es bilden sich Schichten mit geringen, manchmal auch mit negativen Gradienten, d. h. eine subsidierende Inversion (Absinkinversion).

Die untere Grenze dieser stabilen Schicht ist meist gleichbedeutend mit der oberen Begrenzung der Konvektion, und ihre Höhe bestimmt das vertikale Ausmaß der Haufenwolken. Der Beginn der Antizyklone macht sich (am Beobachtungsort) durch fortlaufendes Senken und Heben der Absinkinversion bemerkbar.

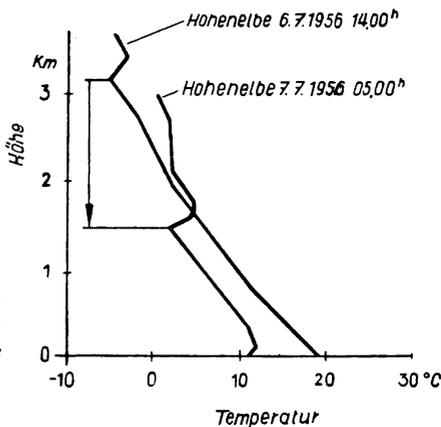


Abb. 107:  
Das Absinken der Subsidenzinversion  
(Schrumpfungsinversion), hervorgerufen  
durch den verstärkten Einfluß  
der Druckhöhe

Der aerologische Aufstieg vom 6. und 7. 7. 1956 auf Abb. 107 zeigt das Absinken der Absinkinversion in einem Zeitraum von 15 Stunden.

Wie die Praxis zeigt, spielt die Absinkinversion eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Konvektion. Am günstigsten ist es, wenn die Höhe der Untergrenze der Absinkinversion um 2000 m liegt, sofern sich hierbei nicht gleichzeitig die Windrichtung in der Konvektionsschicht ändert und die Windgeschwindigkeit mit der Höhe auf ca. 50 km/h zunimmt. Hiernach läßt sich eine regelmäßige, gleichförmige Entwicklung der thermischen Strömungen mit Steiggeschwindigkeiten von etwa 2-3 m/s erwarten. Es ist dies die günstigste Wetterentwicklung für Langstreckenflüge.

### Intensität der Kaltfront

Aktive Kaltfronten geben weitere Möglichkeiten der segelfliegerischen Ausnutzung. Außer günstigen Bedingungen, die für die Erreichung großer

Höhen beim Instrumentenflug (Blindflug) in der Cumulonimbus-Bewölkung der Fronten vorhanden sind, besteht die Möglichkeit langer Zielflüge durch die Ausnutzung der Wellen- oder Rotorströmungen vor der heranziehenden Kaltfront.

In dem zyklonalen Abschnitt der Kaltfront, das ist in der Nähe des Zyklonenkerns, nimmt die frontsenkrechte Windkomponente mit der Höhe zu. Aus diesem Grunde eilt die Höhenkaltluft der bodennahen Front voraus und erhöht dadurch die Labilität der Luftmassen vor der Front. Es kommt vor der Frontlinie dann zur Entwicklung hoher Gewitterwolken. Wenn aber in einem solchen Falle die Warmluft senkrecht zur Front in der Höhe an Mächtigkeit zunimmt, so wird diese hohe Mauer der frontalen Bewölkung zum Hindernis. Im frontalen Gebiet entsteht eine wellenförmige Strömung, die an Streifen von Altocumulus, die mit der Front parallel laufen, zu erkennen ist. Eine systematische Ausnutzung dieser Wellen wurde bisher noch nicht durchgeführt.

Im antizyklonalen Abschnitt der Kaltfront, das ist der Teil, der von der Zyklonenmitte entfernt ist, nimmt die frontsenkrechte Windkomponente mit der Höhe ab. Eine mächtige frontale Bewölkung entsteht hier meist hinter der Frontlinie. Oft wird diese von einem frontparallelen Wirbel mit horizontaler Achse begleitet, welcher die Form einer rotierenden Walze hat. Die intensive Rotation dieses Wirbels, die analog dem Rotor der Leewellen im Gebirge ist, verursacht ein kräftiges Aufsteigen der warmen Luft vor der Front. Die Vertikalgeschwindigkeit übersteigt oft 10 m/s und kann von der Erde aus am schnellen Aufsteigen von Wolkenfetzen gut beobachtet werden, die anschließend mit der rotierenden Walze verschmelzen. Das Steigen ist bis in unmittelbare Nähe des Rotors sehr ruhig und reicht nicht in größere Höhen. Beim Flug entlang der Rotorwalze wurden schon wiederholt Zielflüge sogar bis 500 km durchgeführt. Das Durchfliegen des Rotors wie auch die starken Sinkgeschwindigkeiten und die vielfach bis zur Erde herabreichende Bewölkung stellen große Gefahrenquellen für den Segelflieger dar.

### **Die Grundarten der konvektiven Bewölkung**

Die Entstehung der verschiedenen Arten der Konvektionsbewölkung hängt von dem Grad der Labilität, von der vertikalen Mächtigkeit der labilen Schichten und der Entfernung zwischen Kondensationsniveau und Konvektionsgrenze ab. Sehr wichtige weitere Grundfaktoren, von denen Menge, Form und Charakter der Haufenwolken abhängen, sind:

Die vertikale Verteilung der Feuchtigkeit in der Höhe, die Richtung und Geschwindigkeit des Windes, der Verlauf der Schichtungskurven und der Drucktendenz. Der Einfluß der Verteilung der Richtung und Geschwindigkeit des Windes und die Rolle der Druckveränderungen wurden schon beschrieben. Im folgenden sollen nun die grundlegenden Formen der konvektiven Bewölkung näher erläutert werden.

$\gamma$  - Gradient der Schichtungskurve  
 $\gamma_m$  - Gradient der Feuchtigkeitsadiabate  
 $\gamma_d$  - Gradient der Trockenadiabate

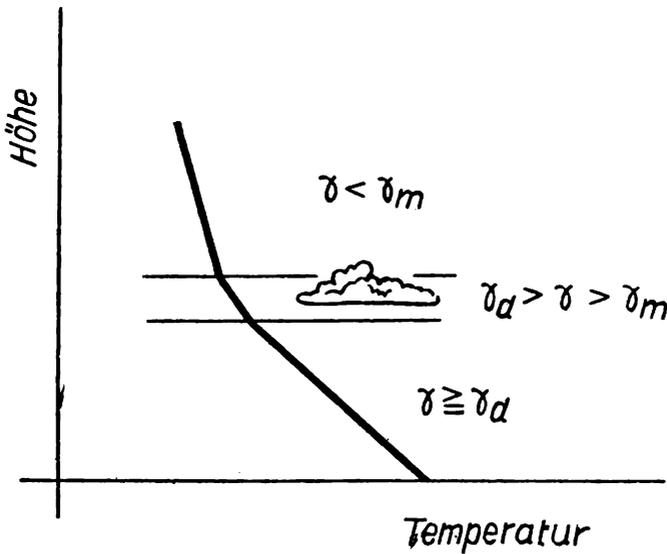


Abb. 108: Typische vertikale Verteilung der Temperatur bei Cumulus humilis

*Cumulus humilis* (Cum hum) bildet sich in einer verhältnismäßig dünnen labilen Schicht (Abb. 108).

Die Konvektionsgrenze ist die untere Fläche der stabilen Schicht mit einem Gradienten, der schwächer ist als der der feuchtadiabatischen Schicht. Dies ist in den meisten Fällen die Grenze der Absinkinversion. Das Kondensationsniveau liegt in der Nähe der Konvektionsfläche, manchmal auch

ganz dicht über ihr. Die Bewölkung nimmt auf Grund der Mischung mit der umgebenden relativ trockeneren Luft schnell ab.

*Cumulus congestus* (Cu con) - turmartig (Abb. 109). Sie entwickelt sich in einer mächtigen Schicht, in welcher der Temperaturgradient nahe dem trockenadiabatischen liegt. Bei geringer Luftfeuchtigkeit erreicht Cu con bei fortlaufendem Aufsteigen einzelner Ströme immer größere Höhen.

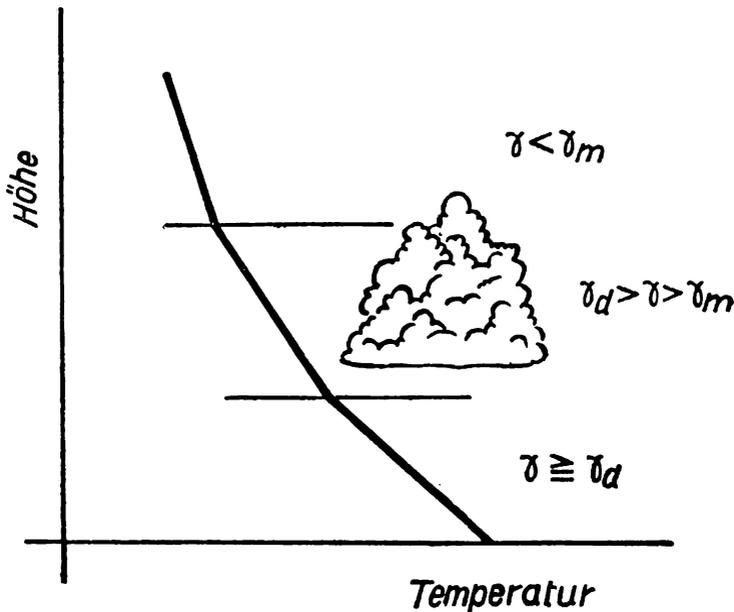


Abb. 109: Typische vertikale Verteilung der Temperatur bei *Cumulus congestus*

Jeder aufsteigende Strom, der eine bestimmte Höhe erreicht hat, löst sich auf. Damit wird die Luftfeuchtigkeit in diesem Raum erhöht, so daß der im Anschluß aufsteigende Strom bessere Voraussetzungen vorfindet, um in noch größere Höhen vordringen zu können.

Von dieser Wolkenart können auch dünnere bremsende Sperrschichten in verschiedenen Höhen durchbrochen werden. Erst das Erreichen einer markanten Konvektionsgrenze, die die Nullgradgrenze übersteigt, stellt die Maximalhöhe von Cu con dar.

*Cumulonimbus* (Cb) - Gewitterwolke. Die typischen Bedingungen zeigt Abb. 110. (Eine hohe, stark gesättigte Schicht mit labilem Gradienten). Zur Entwicklung von Schauern und Gewittern ist es unerlässlich, daß der Wolkengipfel die Eiskeimgrenze überschreitet. Das führt zur Änderung im physikalischen Aufbau der Wolke, was dem Beobachter auf der Erde dadurch sichtbar wird, daß der Gipfel seine scharfen Umrisse verliert.

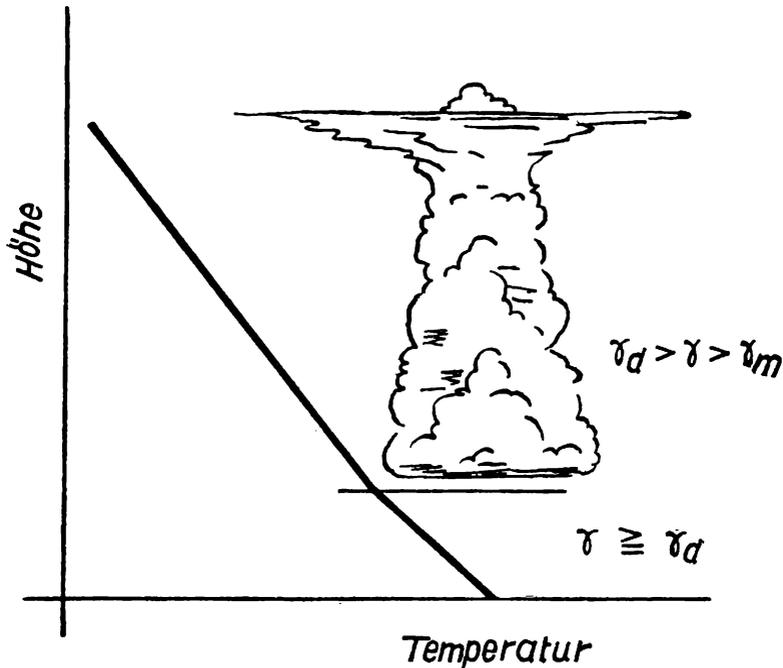


Abb. 110: Typische vertikale Verteilung der Temperatur bei Cumulonimbus

Nach dem Erreichen der Konvektionsgrenze läuft die Wolke auf Grund der horizontalen Divergenz seitwärts auseinander. So bildet sich die charakteristische Form des höchsten Stadiums der Gewitterwolke aus, der sogenannte Amboss (incus).

### Der Einfluß der Feuchtigkeit

Menge und Charakter der Haufenwolken hängen natürlich stark von der Größe und der vertikalen Verteilung der Feuchtigkeit ab, die durch den

Verlauf der K urve der relativen Feuchtigkeit oder den Taupunkt bestimmt ist. Die in der Wolke aufsteigende Luft saugt Luft aus ihrer Umgebung an. Damit kommt es innerhalb der Wolke zur Mischung von gesättigter mit ungesättigter Luft aus der Umgebung. Das Ergebnis dieser Durchmischung ist, daß sich die Ränder der Wolke vermischen; denn die Luft hat nach der Durchmischung eine Feuchtigkeit, die geringer ist als 100 Prozent. Weiterhin führt die Durchmischung zur Verminderung der Temperaturgradienten innerhalb der Wolke, was sich tatsächlich durch die Abnahme der Steiggeschwindigkeit bemerkbar macht. (Diese Verringerung der Temperatur in der Wolke wird dadurch hervorgerufen, daß ein Teil der Wärme zum Verdunsten der Tropfen oder Kristalle verbraucht wird, so daß sich die Luft in der Wolke nach der Mischung mit der kälteren aus der Umgebung sättigen kann). Für den Segelflieger ist das Ergebnis dieses Mischungsvorganges an der Form und den Umrissen der Haufenwolken erkennbar.

Bei besonders geringer relativer Feuchtigkeit der Luft in den Konvektionsschichten (wo der Unterschied zwischen der vorhandenen Temperatur und dem Taupunkt größer als  $10^{\circ}\text{C}$  ist) erhalten die Cumuli die charakteristischen, zerrissenen Umrisse mit einer unscharfen Unterseite.

Bei hohem Sättigungsgrad der Luft (Unterschied  $\geq 1^{\circ}\text{C}$ ) und geringer Mächtigkeit der Konvektionsschicht folgt eine schnelle Entwicklung der Haufenwolken mit deutlichem Übergang zu Stratocumulus besonders dann, wenn der Wind in der N ahе der Konvektionsgrenze pl otzlichverst arkt wird. Die hierbei auftretende stärkere Bewölkung (durchschnittlich 6-7/8 Sc + Cu), die sich nur langsam auflöst und somit wegen geringerer Einstrahlung die Erwärmung der Erdoberfläche verhindert, stellt keine günstige Bedingung für die Ausnutzung durch den Segelflug dar.

Es ist günstig, wenn mit zunehmender Höhe Sättigungskurve und Schichtungskurve voneinander abweichen (also mit dem Maximum der Feuchtigkeit auf der Erde). In diesem Falle bildet sich die 4/8 Cu-Bewölkung mit deutlichen, dunklen und blumenkohlartigen Umrissen.

### **Die vertikale Verteilung der Temperatur**

Am vorteilhaftesten – bei günstiger Verteilung aller übrigen Grundelemente – ist der glatte Verlauf der Schichtungskurve mit einem vertikalen Temperaturgradienten von  $0,7-0,9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ . Die bodennahe Schicht mit Strahlungsinversion oder stabilem Gradienten hat praktisch keine Be-

deutung und verschwindet bald. Auf Abb.111 sind einige aerologische Aufstiege mit der für Zielflüge günstigen Verteilung von Temperatur und Feuchtigkeit angegeben.

Im folgenden sind typische Wetterlagen für Streckenflüge, für Flüge auf geschlossenen Bahnen und Höhenflüge angeführt, bei denen die günstige Verteilung der einzelnen Grundelemente zur Erreichung besonderer Leistungen angelegt wurden.

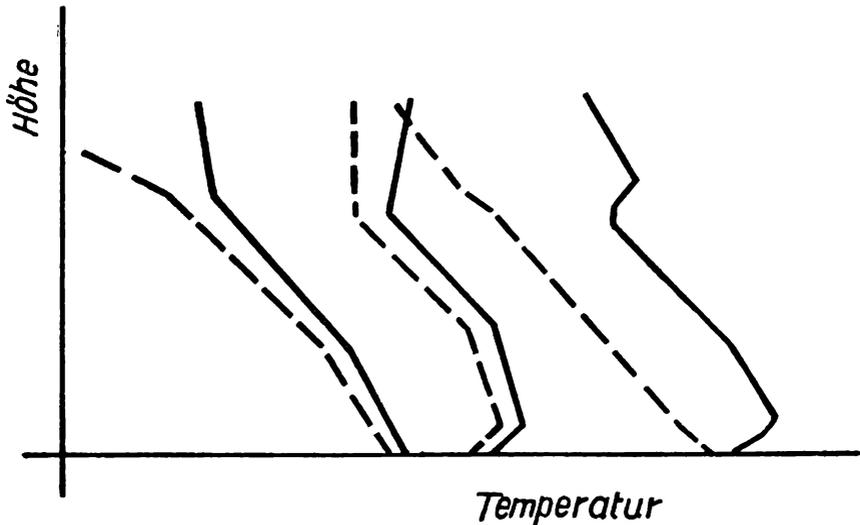


Abb. III: Vertikale Verteilung von Temperatur und Taupunkt bei typischer Zielflugwetterlage

### Streckenflüge

Auf Abb. 112 ist eine markante Westwetterlage gezeigt, bei der zwei Zielflüge über 500 km durchgeführt wurden. (556 und 501 km sowie einige über 300 km Strecke.)

Um das Hochdruckgebiet in Mitteleuropa strömt nach Mitteleuropa Meerespolarluft ein. Aus der Windgeschwindigkeit, dem Verlauf der Schichtungskurven und der zu erwartenden Maximaltemperatur, die man aus besonderen Karten erhält, kann man auf eine intensive Erwärmung dieser verhältnismäßig kalten Luftmasse schließen und damit auf eine bedeutende Labilität

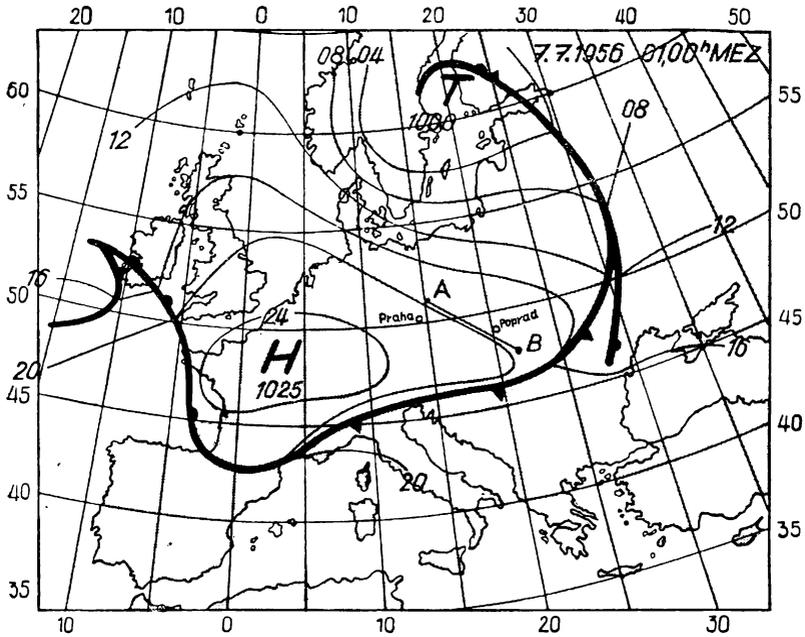


Abb. 112: Typische für Streckenflüge günstige Westwetterlage

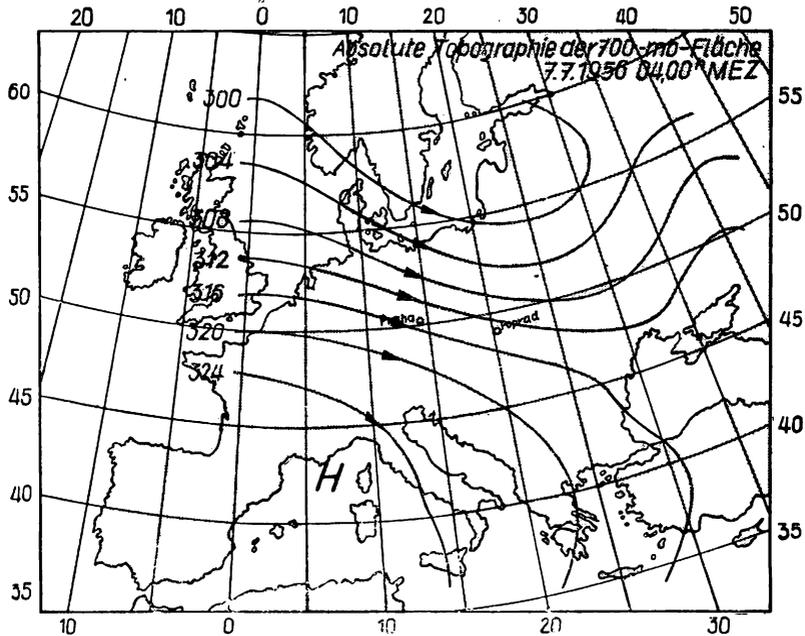


Abb. 113: Die absolute topographische 700-mb-Fläche, die die Strömungen in der Höhe von ca. 3000 m abgibt

der bodennahen Schichten. Im Gebiet des gedachten Fluges (auf Abb. 112, dargestellt als Strecke A-B) überwiegt der antizyklonale Einfluß, der sich auch durch eine gut erkennbare Sperrschicht in der Höhe von 2300 m ausdrückt. Aus der Karte mit der absoluten Topographie der 700 mb-Fläche (Abb. 113) ist die beständige Richtung der Strömung in der ganzen Breite der Konvektionsschicht zu erkennen.

Unter den angeführten Voraussetzungen entstand ein Zielfluginnenbereich, der mehrere Hundert Kilometer lang und breit war.

### Flüge in geschlossenen Bahnen

Wie bereits gesagt, ist der antizyklonale Wettertyp mit schwacher bis mäßiger Luftbewegung, vorwiegend nördlicher Strömungsrichtung, hierfür am geeignetsten. Auf Abb. 114 ist die Analyse einer derartigen Wetterlage vom 21. 5. 1956 für Flüge auf geschlossenen Bahnen aufgezeichnet.

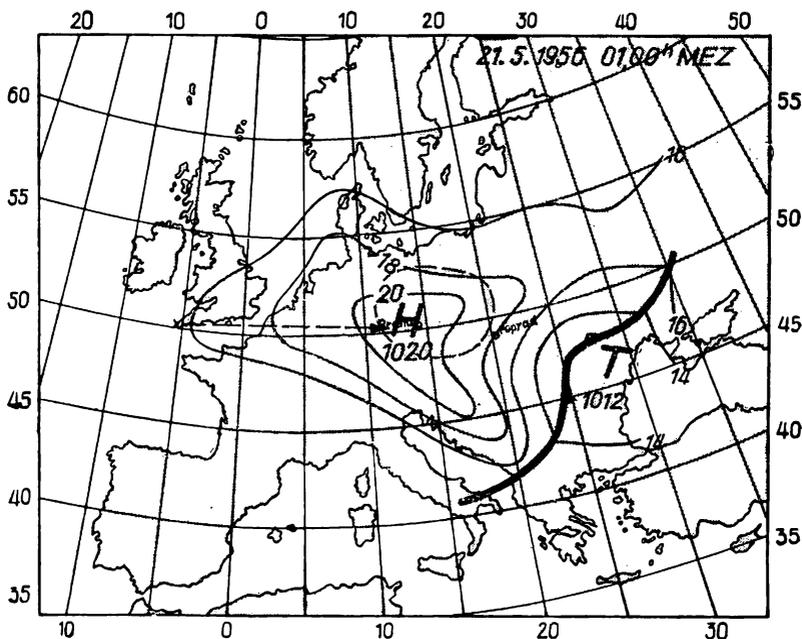


Abb. 114: Antizyklonale für Flüge auf geschlossenen Bahnen günstige Wetterlage

Es ist ein Hoch gegeben, das sich innerhalb von 24 Stunden von Süd-England her nach Mitteleuropa verlagert, ohne daß sich hierbei der Druckwert in seinem Zentrum geändert hätte. Die antizyklonale Luftmasse besteht aus Meerespolarluft, die am Tage zuvor von den Azoren her eingeflossen war. Aus dem Verlauf der Schichtungskurven auf Abb. 115 und aus

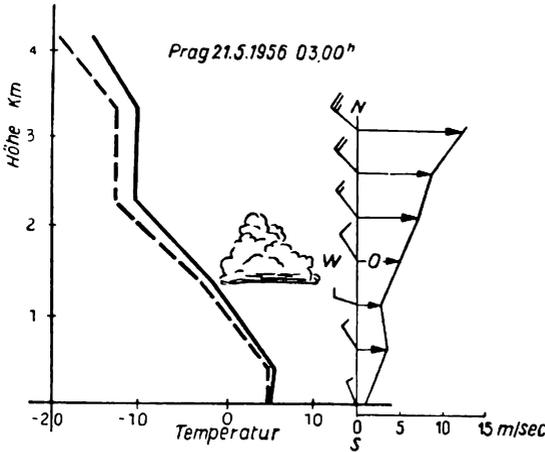


Abb. 115:  
Der aerologische Aufstieg  
mit der vertikalen  
Windstruktur  
am 21. Mai 1950

der angenommenen Maximaltemperatur ist zu schließen, daß sich diese noch ständig an der Erdoberfläche erhöhen wird, wodurch die Labilität verstärkt und die Entwicklung der Konvektion begünstigt wird. Die Strömungsgeschwindigkeit (4–8 m/sec zwischen 1–2 km Höhe) ist unter Berücksichtigung von etwa 5/8–3/8 Haufenbewölkung nicht bedeutend, was aus dem Verlauf der Kurve des Taupunktes zu sehen ist.

Aus dem Aufstieg ist weiter zu ersehen, daß eine genügende Höhe der Absinkinversion (2680 m in der Tendenz ständigen Absinkens) und ein sehr günstiger Verlauf der Schichtungskurve vorhanden sind. Der maximalen Temperatur von 18° C entspricht die maximale Steigggeschwindigkeit (3,5–4 m/s). Aus Abb. 115 ist weiterhin eine günstige Verteilung von Richtung und Geschwindigkeit des Windes im Bereich der Konvektionsschichten ersichtlich, die die Entwicklung der Konvektion günstig beeinflussen. Es wurden Dreiecksflüge von 300, 200 und 100 km und ein Zielflug von 306 km durchgeführt.

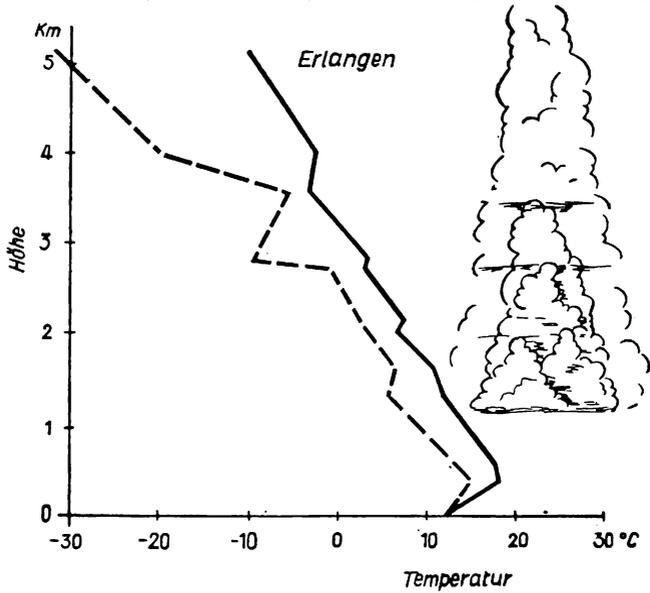
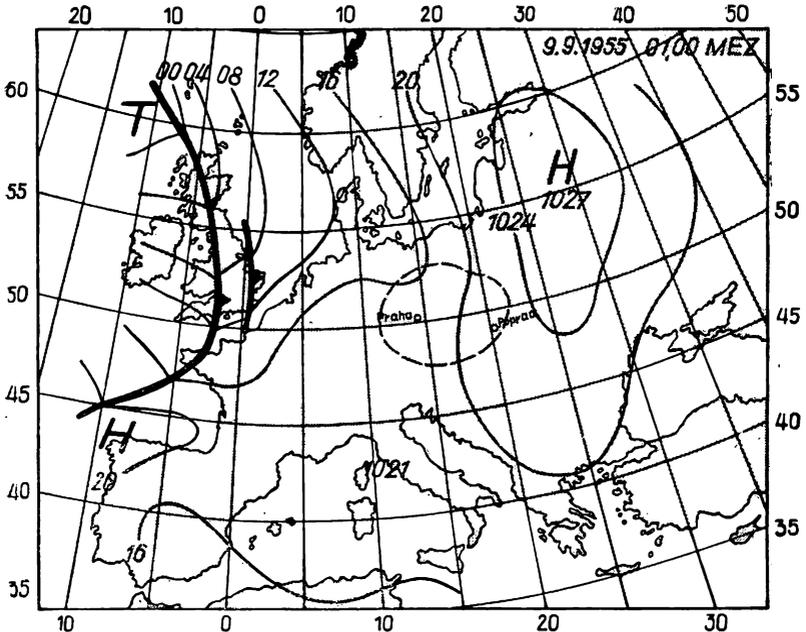


Abb. 116: Antizyklonale für Höhenflüge günstige Wetterlage

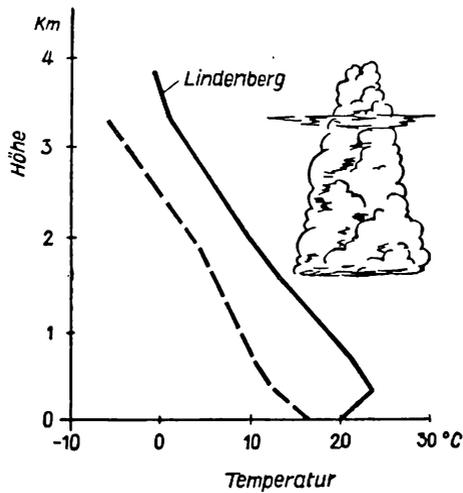
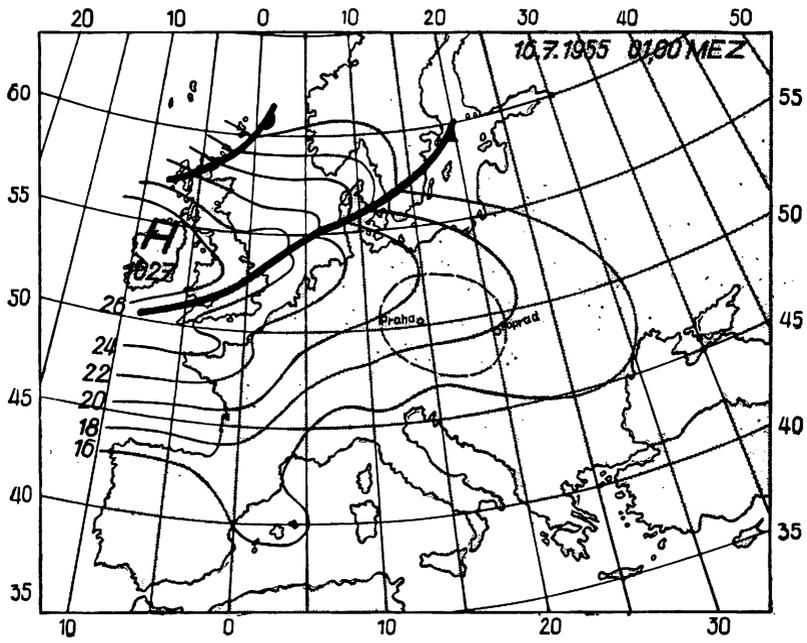


Abb. 117: Der Ausläufer eines nach Mitteleuropa hinwegragenden Hochs, eine für Höhenflüge geeignete Wetterlage

## Höhenflüge

Segelflüge, die die Erreichung größerer Höhen im Instrumentenflug innerhalb von Bewölkung mit vertikaler Entwicklung zum Ziel haben, lassen sich in zwei Gruppen unterteilen:

Zum ersten sind es Flüge in aufgetürmten Wolken, vorwiegend Cu con, die sich innerhalb einer Luftmasse bilden; zum zweiten Flüge in Gewitterwolken, die sich an der Grenze von Luftmassen, d. h., die sich in der Nähe von Fronten bilden.

Im ersten Fall erreichen die Gipfel meist die Höhe von 5000 m, ausnahmsweise, besonders in gebirgischem Gelände, auch die oberste Schicht der Troposphäre. Die intensive Sonnenstrahlung bewirkt eine große Labilität der untersten Luftschichten mit einem bedeutenden adiabatischen Gradienten.

Die Entwicklung der konvektiven Bewölkung beginnt erst in den späten Vormittagsstunden und ist dadurch gekennzeichnet, daß ständig einzelne Türme (Cu con) bis in immer größere Höhen durchstoßen. Dies ist besonders bei verhältnismäßig geringer Luftfeuchtigkeit und kontinentaler Polarluft typisch. Die Konvektion erreicht erst in späteren Nachmittagsstunden ihre maximale Entwicklung. Mit Ausnahme von Gewitterlagen findet man bei derartigen Lagen 4/8–6/8 Bewölkung einzelner isolierter Cu con mit scharfen, blumenkohlartigen Umrissen. Das Steigen innerhalb der Wolke erreicht im Durchschnitt 6–14 m/s.

Auf Abb. 116 sind die synoptische Situation und der aerologische Aufstieg vom 9. September 1955 aufgezeichnet. Um ein Hoch im europäischen Teil der UdSSR dringt zurückkehrende kontinentale Luft nach Mitteleuropa ein. Sie ist sehr labil mit vielen Sperrschichten, an denen sich das vorzeitige Anwachsen der einzelnen aufsteigenden Strömungen abschwächt. Auf Abb. 117 sind die synoptische Lage und der aerologische Aufstieg in Meerespolarluft gezeigt, um das vertikale Ausmaß der Konvektionsschichten zu zeigen. Bei beiden Wetterlagen wurden Höhen von 3000 bis 5000 m erreicht.

Im zweiten Fall wird die Entwicklung durch das Zusammenlaufen (Konvergieren) der Luftmassen im Bereich der Front hervorgerufen oder unterstützt. Die Entwicklung der Bewölkung ist nicht von der Sonnenstrahlung abhängig und wird überwiegend durch 7/8 Bewölkung, oft auch durch tiefe Bewölkung vom Typ Sc, Fc charakterisiert. In Zwischenräumen dieser Schichten sind manchmal die Umrisse der hohen Cu con und Cb sichtbar.

# Wellenaufwinde

Von JIRI FÖRCHTGOTT (CSR)

Die Wellenerscheinungen in der freien Atmosphäre sind an gewisse Strömungsbedingungen gebunden, die im mitteleuropäischen Gebiet verhältnismäßig oft auftreten. Bei der Wellenbildung wirken die örtlichen konstanten orographischen mit den veränderlichen meteorologischen Bedingungen zusammen, was naturgemäß zu unterschiedlichen Eigenschaften der wellenförmigen Luftschicht führen kann.

Die große Verschiedenheit der einzelnen Wellenmöglichkeiten verhindert demzufolge oft ihre segelfliegerische Ausnutzung oder erschwert sie zumindest beträchtlich. Deshalb erscheint es zweckmäßig, dieses Kapitel mit einer Beschreibung der verschiedenen Wellentypen zu beginnen, um zu sehen, wie sie den segelfliegerischen und den allgemeinen fliegerischen Erfahrungen nach unterschieden werden können. Dabei werden hauptsächlich die jeweiligen meteorologischen Bedingungen behandelt.

Nur die genaue Kenntnis der Unterscheidungsmerkmale der Kammwelle, der Leewelle und der zusammengesetzten Welle ermöglicht dem Segelflieger, die jeweils richtige Flugtaktik anzuwenden und dadurch die bestmöglichen Leistungen zu erzielen. Die Orientierung des Piloten wird zwar oft durch die Form und Verteilung der Wolken erleichtert werden, doch gibt es viele Wellen, die im wolkenlosen Raum wirken und deshalb meist nur zufällig genutzt werden. Gerade hier könnte eine erreichbare meteorologische Information über Höhenwind und Temperaturschichtung viel helfen.

Nehmen wir nun an, daß beispielsweise ein breiter Gebirgskamm mit steilem Leehang und mit einer Mittelhöhe  $h = 500$  m über einer weiten Ebene vorhanden ist. Der Verlauf des fast gradlinigen Hanges sei von SW nach NO. Ein Nordwest-Wind wird also senkrecht zu diesem Hang wehen. Diese Grundbedingungen sollen für alle folgenden Beispiele gültig bleiben. Als veränderliche Größen bleiben weitere meteorologische Faktoren, wie mittlere Windgeschwindigkeit, Höhe der Windschicht mit geeigneter Windrichtung (in unserem Falle NW) und Temperaturschichtung vom Boden aus durch die Windschicht hindurch. Die Auswertung dieser drei Größen genügt meist für die Bestimmung des Strömungstyps, der sich über und hinter dem Kamm bilden wird.

Eine günstige Luftfeuchtigkeit macht die einzelnen Strömungstypen durch charakteristische Wolkenformen sichtbar und kann bei geeigneter Wolken-

verteilung genaue Auskunft über den augenblicklichen Strömungszustand geben. Ist die Feuchtigkeit innerhalb der Luftmasse zu gering, so bieten sich natürlich keine sichtbaren Merkmale. Eine zu große Luftfeuchte dagegen verbirgt alle Strömungsdeformationen in einer dicken ununterbrochenen Wolkenschicht, die sogar von Regen oder Schnee begleitet sein kann. Um aber nicht zu verwirren, sollen im weiteren nur typische Wellen mit gut übersichtlicher Wolkenverteilung behandelt werden.

### *Die Kammwelle*

Unter Einhaltung der oben angeführten Grundbedingungen sei die Schicht des NW-Windes durch eine gut ausgeprägte Inversion in zwei Teile getrennt, die als Bodenschicht, 1000 bis 1500 m hoch (zwei- bis dreifache Kammhöhe, und als Höhengschicht bezeichnet werden. Die Windstärke in der Bodenschicht sei etwa 5 m/s und soll nur langsam mit der Höhe zunehmen. Über die Inversion soll plötzlich die NW-Windkomponente bis auf etwa 10 m/s zunehmen und sich weiter mit der Höhe verstärken. Die Temperaturschichtung der Bodenschicht sei indifferent, die Höhengschicht stabil. Während der Nacht- und Morgenstunden wird die Temperaturschichtung der Bodenschicht wegen der Wärmeausstrahlung beim wolkenlosen Himmel auch in wärmeren Jahreszeiten mehr stabil als indifferent sein. Unter den gegebenen Windverhältnissen wird sich im Lee des Hanges ein bodenfester Wirbel mit horizontaler Achse bilden, der die Hinderniswirkung auf die Höhenströmung gewissermaßen verstärkt. Er wird sich durch leichte Turbulenz im Leerraum wie auch durch schwachen Gegenwind in Bodennähe äußern.

Die Stromlinien über dem Kamm bilden nun eine gut ausgeprägte Welle, bei der der Wellenberg etwa über dem Leegebiet des Hanges liegen wird. Der Aufwind vom Luvgebiet wird bis über die Kammgipfel reichen, wodurch die besten Segelbedingungen in diesem Raum geschaffen werden. Bei geeigneter Luftfeuchtigkeit erscheint in der Nähe der Inversion eine Wellenwolke, die mit ihrer Vorderkante über dem Kamm liegt. Das wird auch in der Benennung dieses Wellentyps zum Ausdruck gebracht. Von einer Welle kann man in diesem Falle nicht sprechen, da eine zweite Welle meistens bedeutungslos bleibt.

Die einzige in Erscheinung tretende Wellenwolke von kleinem Seitenverhältnis wird sich im Leerraum wiederholen, wenn dort ein zweites Hindernis vorhanden ist. Manchmal kann sich diese Wolke allerdings in mehreren Bänken übereinander ausbilden, was durch die Feuchtigkeitsverteilung bedingt ist.

In der wärmeren Jahreszeit wird tagsüber bei Sonnenstrahlung die Temperaturschichtung der Bodenschicht instabil werden. Wenn die Windverhältnisse im großen und ganzen gleichbleiben, wird zu dem bereits beschriebenen Strömungsvorgang noch die Tagethermik hinzukommen. Der Luvhang wird die systematische Ablösung der etwas wärmeren Bodenluft hervorrufen, und der fast ununterbrochene thermische Aufwind wird die Wirkung des Luvhanges weiter erheblich verstärken. Dadurch wird der Leewirbel bei einfachen Hindernissen restlos in ein orographisch bedingtes Thermiksystem aufgenommen.

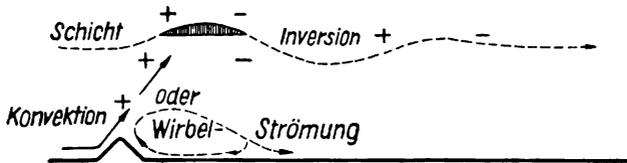


Abb. 118: Schematische Darstellung der Kammwelle. Die einzige Wellenwolke bildet sich meist an einer Inversion, und ihre Vorderkante steht fast gerade über dem Gebirge. Keine Bögigkeit von Bedeutung.

Ein resultierendes Strömungsbild weist eine Vergrößerung der Wellenamplitude wie auch des Auf- und Abwindes auf, ohne die räumliche Aufwindverteilung zu ändern. Innerhalb der Bodenschicht überwiegt aber der Thermikcharakter der Aufwinde und der Wolkenform, dagegen weist die Höhenschicht eine gut entwickelte stationäre Wellenströmung auf. Man soll beim Segeln die Thermik der Bodenschicht ausnützen und die Inversion durch Wellenflug überwinden. Dabei muß die sich plötzlich ändernde Windstärke beachtet werden. Die erreichbare Gipfelhöhe dürfte etwas über 2000 m liegen, wobei das mechanische „Thermikfliegen“ nur bis etwa 1500 m möglich sein würde. Der Aufwind wird selten den Wert  $+ 3 \text{ m/s}$  überschreiten.

#### Die Leewelle (Abb. 119 a, b)

Wird nun in demselben Raum eine sehr hohe Windschicht (mehr als zehnfache Höhe  $h$ ) auftreten, wobei die NW-Komponente am Boden etwa  $8 \text{ m/s}$  beträgt und mit der Höhe gleichmäßig zunimmt, so werden bei stabiler Temperaturschichtung alle Voraussetzungen zur Entwicklung der Leewelle gegeben sein. Das Vorhandensein einer Inversionsschicht ist für diese Wellenart nicht nötig, weil es sich in diesem Fall um einen inneren

Mechanismus handelt im Gegensatz zur Kammwelle, die eine Oberflächenwelle darstellt.

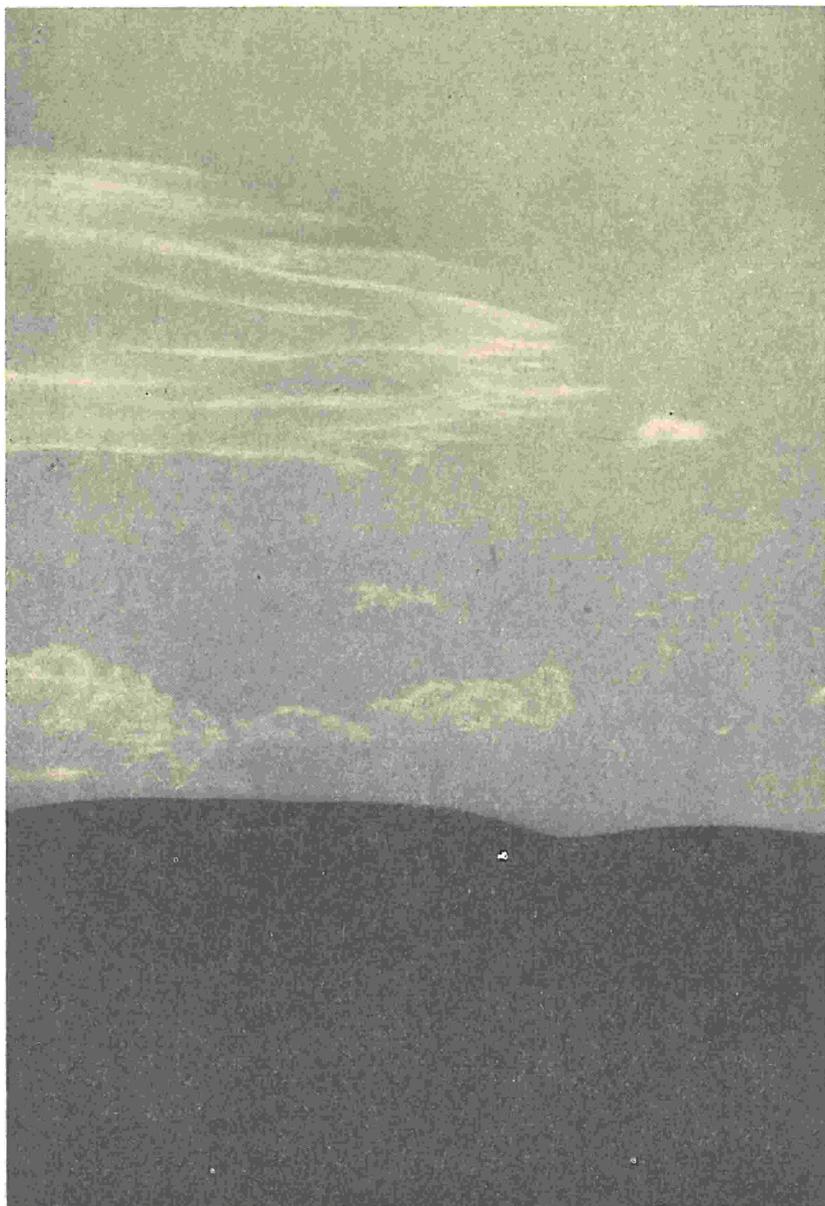
Der erste Wellenberg bildet sich hinter dem Gebirgskamm, und seine Entfernung vom Hindernis dürfte der Wellenlänge  $L = 10 h$  entsprechen. Mehrere Wellen von etwa gleicher Wellenlänge werden sich über dem Leeboden mehrmals wiederholen, wobei die erste Leewelle die größte Amplitude und demnach auch Vertikalkomponente besitzt. Die Aufwinde unter den oben erwähnten Umständen ( $h = 500 \text{ m}$ ) überschreiten in diesem Falle oft den Wert  $+ 8 \text{ m/s}$  und reichen innerhalb der ersten Welle von etwa  $500 \text{ m}$  bis  $2000 \text{ m}$  Höhe, nehmen dann gleichmäßig ab, bis in etwa  $5000 \text{ m}$  ( $=10 h$ ) mit den derzeitigen Segelflugzeugen die Gipfelhöhe erreicht wird.

Innerhalb der Bodenschicht bis  $2000 \text{ m}$  ( $= 4 h$ ) wird zeitweise mittlere bis starke Turbulenz zu spüren sein, was auf die Strömungsvorgänge zurückzuführen ist. Bei geeigneter Luftfeuchte werden die Bodenzentren der stärksten Turbulenz durch Rotorwolken sichtbar. Die Achse der Bodenrotoren liegt bei einer Höhe von  $500 \text{ m}$ , was der Kammhöhe über Lee entspricht. Die oberen Turbulenzzentren, deren Achse in einer Höhe von etwa  $1500 \text{ m}$  ( $=3 h$ ) liegt, dürften meist nur in klarer Luft entstehen und stellen somit die stärkste Turbulenz im wolkenlosen Raum dar.

Die Schicht bis  $2000 \text{ m}$  ( $= 4 h$ ) Höhe mit den Boden- und Höhenrotoren wird als „aktive Turbulenzschicht“ bezeichnet. Sie wird in ihren Einzelheiten später beschrieben. Über dieser Turbulenzschicht herrscht die bekannte „Wellenruhe“, denn die höheren Luftschichten muß man sich als das „Nachklingen“ des Turbulenzsystems vorstellen, was auch durch die laminare Wellenströmung mit langsam abnehmender Amplitude zum Ausdruck kommt.

Höhere Wellenwolken weisen im Gegensatz zur Kammwelle ein ziemlich großes Seitenverhältnis auf und wiederholen sich mehrmals. So kann man Wellenberge der zweiten, dritten bis zehnten, ja oft noch vieler weiterer Leewellen finden. Die Mächtigkeit der Linsenwolken in den einzelnen Leewellen nimmt nur langsam mit der Entfernung vom Hindernis ab, was besonders gut über dem Meer im Lee einer Steilküste zu beobachten ist. Die auffallende Regelmäßigkeit der Wolkenverteilung in dem beträchtlich breiten Leeraum stellt eine der markantesten Merkmale der Leewelle dar.

Wie die Linsenwolken wiederholen sich selbstverständlich auch die breiten Auf- und Abwindfelder im Raum der einzelnen Leewellen, was bei einem



*Abb. 119 a*



*Abb. 119 a, b: Ein Beispiel der Wellenwolke, die sich während der Nacht über dem Massiv des Riesengebirges bildete. Kurz nach Sonnenaufgang wurde die Bodenschicht durch lokale Thermik zerstört, was zur Bildung von rotorähnlichen Kumuluswolken und später sogar zum Verschwinden der oberen Wellenwolke führte*

Flug bis in über 100 km Entfernung fühlbar bleibt. Alle Aufwindfelder bilden ihre Zentren nahezu senkrecht zum Erdboden. Auf Grund dieser Tatsachen wird auch eine erfolgreiche Flugtaktik ermöglicht. Die Leewellen wurden bisher meist nur für Höhenflüge benutzt, sie bieten jedoch Möglichkeiten für schnelle Streckenflüge. Ein Beispiel ist der Flug, den Dr. J. Küttner im Lee der Sierra Nevada in Kalifornien am 19. März 1952 durchführte und dabei in vier Stunden 600 km zurücklegte.

Die vertikale und horizontale Ausbreitung der Leewelle hängt bei Erfüllung der notwendigen meteorologischen Bedingungen nur noch von der Hindernishöhe ab. Wenn beispielsweise im beschriebenen Falle ( $h = 500$  m) die Gipfelhöhe von 5000 m erreicht ist, würde sie hinter einem 1000 m hohen Kamm etwa 10 000 m und bei einer Kammhöhe von 2000 m sogar

20 000 m betragen können. In der Praxis kommen aber meist nur Windschichten von kleiner vertikaler Ausdehnung vor, die lediglich zur Bildung der sogenannten „Rotorströmung“ im Lee von höheren Gebirgen führen.

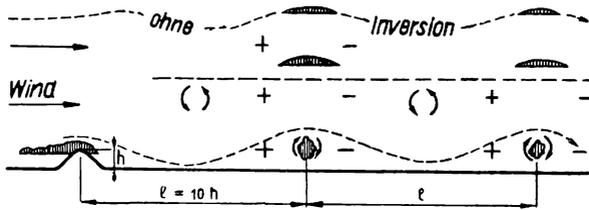


Abb. 120: Die Leewelle bildet direkt im Lee mehrere gut entwickelte Wellen, die durch ein stabiles Wirbelsystem der Bodenschicht erhalten und weit ins Lee getragen werden. Innerhalb der Bodenschicht erscheinen die Rotorwolken mit starker Böigkeit, die auch in der Schicht um  $3h$  im wolkenlosen Raum erscheint

### Die Rotorströmung

Für die normale Entwicklung der Turbulenzschicht im Lee des von uns gedachten Kamms ( $h = 500$  m) muß die Windschichthöhe mindestens  $4h$ , d. h. 2000 m betragen. Nur dann wird sich hinter dem Kamm das Wirbelsystem in der beschriebenen Weise entwickeln und bestehen. Es kommt aber in der Atmosphäre oft vor, daß unter speziellen orographischen Umständen nur eine „flache Windschicht“ erscheint und bei einem niedrigen Kamm das Hindernis wie eine Flußströmung überquert.

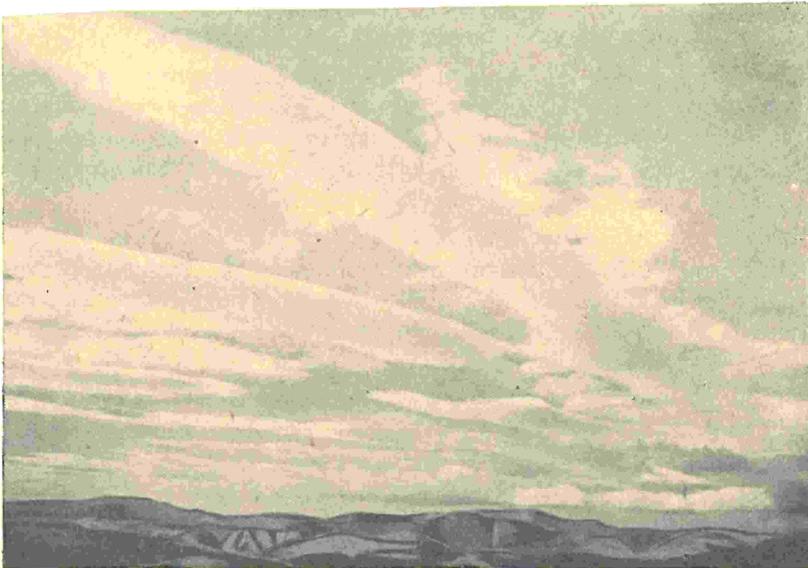
Nehmen wir einmal die Windschichthöhe mit 3 bis  $2h$ , d. h. 1500 bis 1000 m an. Hinter dem Kamm bildet sich dann ein Wirbelsystem von gleicher Struktur wie bei der Leewelle, doch die räumliche Verteilung der einzelnen Rotoren wird jetzt zusammengedrückt. Das äußert sich auch durch die Verkürzung der Wellenlänge bis auf  $L = 5h$ . Die Bodenwindverhältnisse zeigen unter diesen Umständen auch mehr Turbulenz als der normalen Leewelle entspricht.

Die Flugbedingungen werden durch starke Turbulenz und extreme Vertikalkomponenten wie auch durch bedeutende Fehler in der Höhenmesser- und Variometeranzeige beeinflusst. Unter diesen Verhältnissen können sogar im Lee eines nur 200 m hohen Kamms die Abwinde über  $-10$  m/s betragen, was natürlich sehr unangenehm und in Verbindung mit den anderen erwähnten Erscheinungen sogar gefährlich werden kann.

Die Verkürzung der Wellenlänge und die kurzperiodischen Wind- und Druckschwankungen sind ein untrügliches Kennzeichen für die begrenzte Höhe der Windschicht und damit der eventuell möglichen Fluggipfelhöhe. Die Rotorströmung stellt also einen Übergang von der regelmäßigen zu einer chaotischen Strömung dar. Der horizontale Bereich der Rotorströmung ist jedoch auf etwa 20 bis 30 h begrenzt, so daß der Raum im weiteren Leegebiet schon ohne Gefahr durchflogen werden kann.

*Die zusammengesetzte Welle (Abb. 121)*

Die obere Begrenzung der Windschicht wird meist durch eine plötzliche Änderung der Hauptkomponenten des Windes gekennzeichnet. So kann in einer dünnen Windsprungschicht entweder die Windstärke abnehmen oder die Windrichtung sich ändern. Diese Windsprungschicht steht auch oft mit einer Inversionsschicht in Verbindung, die wenige hundert Meter dick ist. Diese „wenigen hundert Meter“ können also bei niedrigen Gebirgskämmen zu einer relativ dicken Übergangsschicht führen, während man sie bei einem höheren Kamm als relativ dünne und scharfe Begrenzung betrachten muß.



*Abb. 121: Schlanke Wellenwolken, die der Leewelle entsprechen und im Lee sich mehrmals hintereinander wiederholen*

Daraus geht hervor, daß höhere Hindernisse auf Übergangsschichten stärker einwirken und der Strömungszustand in ihrem Bereich durch derartige Schichten sehr beeinflußt werden kann. Hinzu kommt noch die Tatsache, daß höhere Windschichten fast immer mehr oder weniger ausgeprägte Inversionen enthalten. In extremen Fällen (Sierra Nevada, Alpen) kann sogar die Tropopause eine immer vorhandene Übergangsschicht darstellen.

Der Charakter der Strömung, die durch eine gut entwickelte Inversion, die innerhalb der Turbulenzschicht (4 h) liegt, hervorgerufen wird, entspricht etwa der Wellenart, die als Kammwelle bezeichnet wurde. Wenn dabei noch die Bedingungen für die aktive Turbulenzschicht günstig bleiben, so wird durch die Interferenz der Kamm- und Leewelle die zusammengesetzte Welle entwickelt.

Kurz kann man sich die Wellenart so vorstellen, daß in der Grundsicht des Leerraumes das Turbulenzsystem überwiegt, dagegen die höheren Schichten mehr der Kammwelle entsprechen. Die beiden gleichzeitig wirkenden Systeme rufen eine sehr markante Staffelung des Aufwindfeldes der ersten Welle hervor. Wenn sich im Raum der ersten Welle mehrere *Ac lenticularis* (Linsenwolken) übereinander ausbilden, dann werden die Vorderkanten der höheren Wolkenbänke immer näher zum Hindernis verschoben.

Die nachfolgenden Wellen sind auch viel schwächer als bei der reinen Leewelle, was auf die Interferenz mit der Kammwelle zurückzuführen ist. Das Zusammenwirken der beiden Wellenarten bringt eine allgemeine Abschwächung der Erscheinungen mit sich, die für die aktive Turbulenzschicht charakteristisch sind.

Die beste Höhe kann unter diesen Bedingungen nur im Raum der ersten Welle erzielt werden, wobei das Flugzeug mit der Höhe immer näher an das Gebirge versetzt werden muß. Der Aufwind wird auch viel schwächer als bei der reinen Leewelle sein und der Pilot wird einen hartnäckigen und geduldigen Kampf führen müssen, um es zu guten Flugleistungen zu bringen.

Diese Wellenart tritt meist im Hochgebirge und fast ausschließlich während der Wintermonate auf, was mit der notwendigen Stabilität der mächtigen Windschichten zusammenhängt. In Einzelfällen kann diese Wellenart sogar die Verhältnisse hinter den wenige hundert Meter hohen Kämmen abändern, was schon wiederholt zur Desorientierung der Segelflieger geführt hat.

*Aktive Turbulenzschicht (Abb. 122, 123 a, b)*

Systematische Untersuchungen der Luftströmungen im Lee der Kleinen Karpaten in der Nähe von Bratislava, die 1955 und 1956 mit Verkehrsflugzeugen und Segelflugzeugen vorgenommen wurden, ermöglichten es, eine vollständigere Vorstellung über den Strömungszustand der Leewelle zu gewinnen. Die unterschiedliche Empfindlichkeit der langsamen und der schnelleren Flugzeuge ermöglichten es, die Wellenstruktur gleichzeitig von zwei Standpunkten aus zu untersuchen und die verschiedenen Ergebnisse der Untersuchungen in den notwendigen Einklang zu bringen. Das führte zu der Erkenntnis, daß die Leewelle als Folge eines regelmäßigen Wirbelsystems, das im ganzen stabil wird, entsteht. Die einzelnen Wirbel werden dabei unter der Einwirkung des Gebirgskammes auf die strömende Luftschicht periodisch erzeugt und abgelöst.

Der am Boden anliegende Teil der Windschicht, der das ganze Wirbelsystem enthält und als Ursache der Wellendeformation der Stromlinien im Lee betrachtet werden muß, erhält die Bezeichnung „aktive Turbulenzschicht“ – ATS. Es handelt sich dabei keineswegs um eine bedeutungslose dünne Bodenschicht, denn die einzelnen Wirbel entsprechen etwa den Dimensionen des Hindernisses, und das ganze System kann bei einer reinen Leewelle das Hindernis noch dreimal überhöhen. Die ATS scheint demnach eine mächtige Analogie der bekannten Kármánschen Wirbelstraße darzustellen, was bisherige Beobachtungen immer mehr bestätigen.

Die Existenz der mächtigen Leewirbel, die bei der Leewelle als Rotoren bezeichnet und durch die Walzenwolken oft sichtbar gemacht werden, ist schon geraume Zeit bekannt. Der weltbekannte Wellenforscher Dr. J. Küttner hat schon vor langem die Meinung geäußert, daß die Rotoren einen wesentlichen Bestandteil des Leewellensystems darstellen könnten. Auch Prof. Steinhauser hat in seiner Untersuchung über die Windverstärkung an Gebirgszügen gezeigt, wie das Gebirge den Bodenwind im Lee verstärkt. Es fehlt jedoch bis heute noch die Erklärung für die Stabilität der Wirbel, deren Zentrum etwa in der Höhe des Kammgipfels liegt. Auch die Energiequelle dieser Rotoren, die anscheinend stationär bleiben, wurde noch nicht befriedigend geklärt.

Eine neue Anschauung wurde nun durch die Entdeckung der Höhenwirbel, die entgegengesetzt rotierend bei klarer Luft in dreifacher Höhe ( $3h$ ) über Lee wirksam werden, ermöglicht. Ihre Lage gegenüber den Bodenwirbeln ist um eine halbe Wellenlänge zum Hindernis versetzt, und ihre Intensität entspricht völlig den Bodenwirbeln. Die gegenseitige Entfernung

der einzelnen Wirbel jeder Reihe entspricht der Wellenlänge, die meist etwa das Zehnfache der mittleren Kammhöhe beträgt ( $L = 10 h$ ).

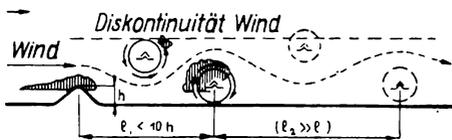


Abb. 122:

Die Rotorströmung wird durch abnorm kurze Wellengänge und starke Böigkeit gekennzeichnet. Es ist die Folge einer abnorm flachen Windschicht

Bei genügender Windgeschwindigkeit bilden sich einzelne Wirbel der Bodenreihe dicht hinter dem Kamm, dagegen werden dann die Höhenwirbel gerade über dem Kammgipfel auftreten. Die Periode der Wirbelbildung hängt von der Kammhöhe und Windstärke ab und beträgt bei  $h = 500$  m etwa 5 Minuten. Die Wirbelintensität scheint nur von der Kammhöhe abhängig zu sein, wenn ein Minimalwert der Windgeschwindigkeit überschritten und so die Wirbelbildung überhaupt ermöglicht wird. Als erstes Glied des entstehenden Wirbelsystems erscheint der Leewirbel, der die Kammwirkung auf die umgebende Luftströmung beträchtlich verstärkt. Die Stromlinien werden dicht über dem Kamm stark zusammengedrückt, so daß ein lokales Windmaximum in diesem Raum erscheint. Während der Bildung des Leewirbels wird dieses Windmaximum gleichmäßig vergrößert, bis darüber ein bedeutender Windsprung entsteht. Danach findet die Bildung des ersten Höhenwirbels in der Windsprungschicht über dem Kamm statt.

Weil der Leewirbel und damit auch das Windmaximum noch immer an das Hindernis gebunden sind, bleibt auch der Höhenwirbel fast stationär und trägt zur weiteren Windsprungvergrößerung durch eigene Wirkung auf die Stromlinien höherer Schichten bei. Die gleichmäßige vertikale Ausdehnung der Luftschicht mit dem Windmaximum führt schließlich zum langsamen Fortschreiten des Höhenwirbels in den Leerraum. Weil die Bewegung des Wirbels, gleich einem fremden, rotierenden Luftkörper innerhalb des Luftstromes viel kleiner ist als die horizontale Geschwindigkeit der umgebenden Luft, wird dabei eine Luftkraft erzeugt, die bei dem Höhenwirbel nach unten gerichtet ist.

Beim regelmäßigen Fortschreiten des Höhenwirbels über den Leehang wird die Richtung der Luftschicht mit dem Windmaximum zwangsweise durch die Luftkraft nach unten gebeugt. Diese „Mittelschicht“ wird sich nun dem Leehang anschmiegen, und dadurch muß sich der Leewirbel vom Hindernis trennen. Seine Bewegungsgeschwindigkeit wird sich in diesem

Stadium fast der Geschwindigkeit der Umgebung nähern, so daß seine nach oben gerichtete Luftkraft vorübergehend bedeutungslos wird. Während dieses ersten Bewegungsstadiums wird die Wirkung des sich vom Hindernis langsam ablösenden Höhenwirbels überwiegen, was durch das systematische, im breiten Streifen über und hinter dem Kamm erfolgende Absinken der Luft zum Ausdruck kommt. Dadurch könnte auch die Bildung der Föhnluke erklärt werden.

Von dem Augenblick, da sich die beiden Wirbel mit entgegengesetzter Rotation von ihrem Standort lösen, bilden sie ein freies Wirbelpaar, das durch den Leerraum mit periodisch schwankender Bewegungsgeschwindigkeit zieht und ausschließlich durch die Trägheitskraft ziemlich lange Zeit erhalten bleibt. Jede Beschleunigung der Wirbelbewegung führt zu einer Ab-



*Abb. 123 a, b: Periodische Versetzung der Wellenwolken im Lee des Hohen-Tatra-Kammes. Bild „a“ entspricht einer Hinterlage des Wellenkammes, die kurz vor Ende der stabilen Wirbelwirkung steht. Der überherrschende Abwind wird deutlich durch das langsame Auflösen der höchsten Eiswolke gezeigt. Bild „b“ stellt die Wellenwolke in ihrer Vorderlage dar, die kurz nach Beginn des stabilen Stadiums eines neuen Wirbelpaares erscheint. Die höchste Wolkenschicht besitzt schon wieder eine schärfere Vorderkante und die ursprüngliche Lage.*



Abb. 123 b

schwächung ihrer Wirkung auf den umgebenden Luftstrom (Bewegungsstadium). Jede langsame Wirbelbewegung dagegen verstärkt beträchtlich die Wirbelwirkung auf die Umgebung (stabiles Stadium).

Das erste stabile Stadium äußert sich durch eine quasistationäre Wirkung des Leewirbels in der Entfernung  $L = 10 h$  vom Hindernis, was der Wellenlänge entspricht. Der Höhenwirbel bleibt dabei um eine halbe Wellenlänge näher an den Kamm stationär. Diese gegenseitige Lage der beiden Wirbel bleibt nun während ihrer Existenz für lange Zeit erhalten.

Wenn sich nun alle 5 Minuten ein neues Wirbelpaar vom Gebirgskamm ablöst, so kann sich eine sehr lange Reihe von Wirbelpaaren im Leerraum bilden, die als aktive Turbulenzschicht bezeichnet wird. In jedem Augenblick gibt es innerhalb der ATS zwei sich gegenseitig unterstützende Wirbelsysteme. Das erste System stellen alle gleichzeitig stationären (z. B. alle ungeraden) Wirbelpaare dar, die dem Leerraum den Wellencharakter verleihen. Sie ermöglichen zugleich allen anderen (geraden) Wirbelpaaren, ihr Bewegungsstadium in kurzer Zeit zu durchwandern. Beide Wirkungsstadien der Wirbelpaare sind von gleicher Dauer und werden sich nur durch ihre Bewegungsgeschwindigkeit unterscheiden.

Im passiven Bewegungsstadium erfahren die Wirbelpaare zwangsweise die Versetzung  $L = 10 h$ , während die andere Hälfte der Wirbelpaare das stabile Stadium mit der wesentlich kleineren Versetzung  $\Delta L \approx h$  durchläuft. Dadurch ist das Vorherrschen der jeweils stabilen Hälfte der Wirbelpaare gegeben. Die Wirbelpaare wechseln sich periodisch im stabilen Stadium ab, so daß die vorherrschende Wellendeformation nur kleine räumliche Versetzungen  $\Delta L$  erleidet. Sie wiederholen sich periodisch und können nur durch sorgsame und geduldige Beobachtung festgestellt werden. Da jedes neue Wirbelpaar im Augenblick des Wechsels sein stabiles Stadium um  $\Delta L$  vor dem älteren beginnt, verschiebt sich plötzlich der Wellenkamm in wenigen Sekunden um  $\Delta L$  gegen den Wind. Zugleich beschleunigt sich das ältere Wirbelpaar, um sein weiteres Bewegungsstadium zu durchlaufen. Bei vorteilhafter Luftfeuchte läßt sich diese Periodizität als sprunghafte Bewegungen der Rotoren und Linsenwolken gegen den Wind beobachten.

Am Boden treten plötzliche Windänderungen auf, die der augenblicklichen Position des gerade aktiven Wirbelpaares entsprechen. Bei nicht zu hohen Windschichten können bedeutende lokale Druckabweichungen durch die Luftkräfte hervorgerufen werden.

In der Luft lassen sich die Wirbel beider Reihen durch starke Böigkeit, die besonders während der Stabilstadien gefährlich wird, erkennen. Die Wirbel der Bodenreihe werden oft als Walzenwolken sichtbar, die starke Drehbewegung aufweisen. Die Luvseite dieser Rotoren enthält den stärksten Aufwind mit rund 10 m/s und zeitweiliger Böigkeit. Beim Segeln dicht neben der Wolkenwand sollte man auf die sprunghaften Wolkenverschiebungen achten, um nicht plötzlich in die Rotorwolke zu gelangen.

Wenn keine Rotorwolken vorhanden sind, dann ist das plötzliche Abschwächen des Aufwindes ein untrügliches Kennzeichen der Rotorabwechslung. Es sollte dann sofort gegen den Wind vorgeflogen werden, um möglichst schnell ein neues Aufwindfeld zu erreichen und einen überflüssigen Höhenverlust zu vermeiden.

In horizontalen Flügen mit schnelleren Flugzeugen sind zwei Böenschichten (um  $h$  und  $3 h$ ) ermittelt worden, in denen sich die einzelnen Böenzentren vielfach in gleichmäßigen Abständen wiederholen. Die Mittelschicht um  $2 h$  bleibt dagegen ohne bedeutende Böigkeit, enthält jedoch eine wesentlich verstärkte horizontale Windkomponente und gleichmäßig wechselnde Auf- und Abwinde.

## Zusammenfassung

Drei Typen von orographisch bedingten stationären Wellen wurden im Vorangegangenen mit Rücksicht auf ihre segelfliegerische Ausnützung beschrieben. Ich möchte noch betonen, daß die aufgeführten Merkmale der Kammwelle, der Leewelle und der zusammengesetzten Welle die Orientierung der Segelflieger in den Naturbedingungen erleichtern sollen, daß aber die in der Praxis vorkommenden Wellen untereinander noch viele bedeutende Beziehungen enthalten, die in den beschriebenen schematischen Beispielen nicht angeführt werden konnten. Es geht dabei vor allem um die Wirkung der veränderlichen Feuchtebedingungen, die das optische Aussehen wie auch die Flugbedingungen eines einzigen Wellentyps in breiten Grenzen ändern können.

# Streckenflugpraxis

Von HORST VOIGT

Sobald ein Segelflieger seine Grundausbildung beendet hat, stellt er sich die Aufgabe, seine fliegerischen Fähigkeiten bei Streckenflügen zu erproben und die Leistungsabzeichen zu erwerben.

Schon der erste längere Flug am Hang oder in der Thermik ist für den jungen Segelflieger ein großes Erlebnis, der erste Streckenflug, bei dem sich der Pilot von dem ihm bekannten Fluggelände entfernt, ist es in noch stärkerem Maße. Der Kampf mit den Wettererscheinungen und der damit verbundenen Möglichkeit, den Flug unbeabsichtigt früh beenden zu müssen oder aber auf Grund des eigenen Könnens und vielleicht auch durch ein wenig Glück schließlich doch das Ziel zu erreichen, das hinterläßt bei jedem, der diesen schönen Sport betreibt, einen unauslöschlichen Eindruck. Streckenflüge können im Hangaufwind, im thermischen Aufwind und auch im Aufwind der „langen Welle“ durchgeführt werden. Die uns am häufigsten zur Verfügung stehenden Aufwinde sind die thermischen Aufwinde, die der Segelflieger ausnutzen kann. Die vielfältigen Erscheinungen thermischer Aufwinde gestatten an verhältnismäßig vielen Tagen des Jahres die Durchführung von Streckenflügen. Bevor ein Pilot zu seinem ersten Streckenflug starten darf, muß er sich umfangreiche Kenntnisse und Fähigkeiten sowohl auf theoretischem wie auch auf flugpraktischem Gebiet erwerben. Diese Darlegungen sollen dem Segelflieger, der noch keine oder nur geringe Streckenerfahrung hat, helfen, seinen Überlandflug vorzubereiten und mit dem größtmöglichen Erfolg durchzuführen.

Man kann die im Zusammenhang mit der Durchführung von Streckenflügen stehenden Aufgaben in die Vorbereitung des Streckenfluges, in die Durchführung des Streckenfluges selbst und in die Aufgaben und Maßnahmen, die sich bei der Landung ergeben, unterteilen.

Ein Segelflieger muß bestimmte Voraussetzungen haben, um einen Streckenflug durchführen zu können. Dazu gehören der Besitz der Segelflugerlaubnis sowie entsprechende Kenntnisse der Luftverkehrsordnung. Er muß auf den Flugzeugtyp, der zum Streckenflug verwendet werden soll, umgeschult sein. Das bedeutet, daß er entsprechend dem Ausbildungsprogramm auf diesem Flugzeugtyp Thermikflüge von längerer Zeitdauer durchgeführt haben muß. Zur Durchführung von Außenlandungen, die oft unter schwierigen Verhältnissen erfolgen, ist es notwendig, Erfahrungen bei Landungen unter erschwerten Bedingungen zu besitzen. Weiterhin sind

gute Kenntnisse in Wetterkunde und Navigation notwendige Voraussetzungen. Grundbedingung aber sind fliegerische Disziplin und Verantwortungsbewußtsein. Mit diesem Rüstzeug kann der Pilot an die Vorbereitung und Durchführung des Streckenfluges herangehen. Bei der Vorbereitung sollte ihm ein erfahrener Fluglehrer helfend zur Seite stehen.

### *Die Vorbereitung des Streckenfluges*

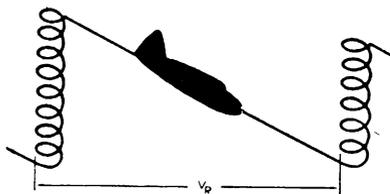
Ein wichtiger Punkt, der bereits über Erfolg oder Mißerfolg entscheiden kann, ist die richtige Auswahl der Flugstrecke. Entsprechend den Erfahrungen, die der Segelflieger im Streckenflug besitzt, soll an die Auswahl der Flugstrecke herangegangen werden. Piloten mit geringen Erfahrungen werden Strecken fliegen, die geringste Anforderungen an das Orientierungsvermögen stellen, damit sie sich mehr der Steuerung des Flugzeuges in der Thermik widmen können. Dementsprechend sollen zunächst offene Strecken in Windrichtung geflogen werden. Dreieckflüge, auch bei verhältnismäßig geringen Windgeschwindigkeiten, stellen an das navigatorische und fliegerische Können schon höhere Anforderungen. Der Vorteil der geringen Rückholstrecke bei Außenlandungen und die Tatsache, daß das Flugzeug nach gelungenem Flug wieder am Startplatz landet, wird durch viele mißlungene Versuche ausgeglichen. Entscheidend für die Festlegung der Flugstrecke sind die Qualifikation des Piloten und der zum Streckenflug verwendete Flugzeugtyp.

Zur Vorbereitung gehört ein eingehendes Studium der Flugstrecke. Dabei wird so verfahren, daß man sich die Umgebung der Flugstrecke einprägt und das Gelände anhand einer Karte auf die thermischen Möglichkeiten untersucht. Liegt die Strecke so, daß nasse Gebiete, Niederungen (z. B. Spreewald und Oderbruch), große Wälder und Seen auf der Flugstrecke liegen, so kann man oft von vornherein damit rechnen, schlechte Aufwindverhältnisse vorzufinden. Im weiteren soll man das zu überfliegende Gelände in Hinsicht auf die vielleicht notwendige Außenlandung untersuchen, um nicht plötzlich vor der Tatsache zu stehen, ein zur Landung gänzlich ungeeignetes Gebiet unter der Kufe zu haben. Die Erfahrung lehrt, daß Überlandflüge und vor allem längere Flüge nur selten krisenfrei überstanden werden. Für solche Fälle muß man wissen, wo man wenigstens einen Nullschieber mit benachbartem Notlandeplatz findet. So wird also die Strecke auf ihre segelfliegerischen Möglichkeiten untersucht. Dann studiert man die navigatorischen Möglichkeiten der Flugstrecke und ihrer weiteren Umgebung. Markante Linien, Flächen und Punkte prägt man sich ein, um

auch ohne Karte zu wissen, wo man sich befindet. Oft wird es nicht möglich sein, längere Zeit die Karte zu wälzen, weil ein mehr oder weniger intensives Aufwindgebiet volle Aufmerksamkeit verlangt. Die Navigation im Segelflugzeug zeichnet sich ja gerade dadurch aus, daß der Pilot immer wieder, wenn er gezwungen ist, sich allein auf die Steuerung des Segelflugzeuges zu konzentrieren, die Orientierung neu aufnehmen muß. Weitere Schwierigkeiten, mit denen sich unser Navigator im Segelflug herumschlagen muß, sind die stets wechselnde Höhe, die das Landschaftsbild oft in sehr unterschiedlichen Maßstäben erkennen läßt sowie die schlechte Erdsicht aus großer Höhe.

Der starke Einfluß des Windes auf eine relativ geringe Eigengeschwindigkeit des Segelflugzeuges ist aber wohl der ausschlaggebende Faktor. Zu den üblichen Begriffen: Eigengeschwindigkeit „V“ und Weggeschwindigkeit „W“ kommt für den Segelflieger die Reisegeschwindigkeit hinzu. Besteht die Notwendigkeit, einen Flug navigatorisch genau vorzubereiten, so benötigen wir die Geschwindigkeit, die das Segelflugzeug ohne Einfluß des Windes über Grund erreichen würde. Sie setzt sich zusammen aus dem Kreisen im Aufwindgebiet und dem Geradeausflug zum nächsten Bart. Wir bezeichnen die Reisegeschwindigkeit mit „ $V_R$ “ (Abb. 124).

Abb. 124:  
Die Reisegeschwindigkeit  $V_R$  setzt sich zusammen aus dem Kreisen im Aufwindgebiet und dem anschließenden Geradeausflug zur nächsten Thermik



Wie wir aus nachstehender Formel ersehen, ist „ $V_R$ “ von der Intensität der Aufwindgebiete, genauer vom mittleren Steigen des Segelflugzeuges abhängig.

$$V_R = \frac{V \cdot St}{F + V_S + St}$$

$V$  = Eigengeschwindigkeit

$St$  = mittleres Steigen (Variometeranzeige)

$F$  = meteorologisches Fallen (0,1 bis 0,3 ·  $St$ )

$V_S$  = Sinkgeschwindigkeit

(Für  $F$  wird der Mittelwert „ $F = 0,2 \cdot St$ “ eingesetzt.)

$$V_R = \frac{V \cdot St}{(0,2 \cdot St) + V_S + St}$$

Zur einfacheren Rechnung werden alle Werte mit „St“ gekürzt.

$$\begin{aligned} \frac{\frac{V \cdot St}{St} \cdot 1}{\frac{0,2 \cdot St}{St} \cdot 1 + \frac{V_S}{St} + \frac{St}{St} \cdot 1} &= \frac{V \cdot 1}{(0,2 \cdot 1) + \frac{V_S}{St} + 1} \\ &= \frac{V}{0,2 + \frac{V_S}{St} + 1} \end{aligned}$$

hieraus ergibt sich die gekürzte Formel

$$V_R = \frac{V}{1,2 + \frac{V_S}{St}}$$

Bei den Streckenflügen zur „Silber-C,“ bei denen es in erster Linie darauf ankommt, den Flug mit Sicherheit zu überstehen, wird der Segelflieger mit der Geschwindigkeit fliegen, bei der das Segelflugzeug das beste Gleitverhältnis erreicht. Bei den Flügen zur „Gold-C“ kann bereits die Notwendigkeit schnell zu fliegen dadurch gegeben sein, daß die Zeit der ausnutzbaren Thermik für den Flug sehr knapp ist.

Nachstehende Tabelle zeigt die Reisegeschwindigkeiten bei unterschiedlichem mittlerem Steigen unter Zugrundelegen der Geschwindigkeiten, bei denen die Flugzeuge das beste Gleitverhältnis erreichen.

„Baby II b“ Geschwindigkeit des besten Sinkens 55 km/h  
 Geschwindigkeit des besten Gleitverhältnisses 60 km/h  
 Bei einer Fahrtmesseranzeige von 60 km/h beträgt  $V_R$   
 bei einem mittleren Steigen von:

St.	0,5	1	2	3	4	5
m/s						
$V_R$						
km/h	19	28	36	39	42	43

„Sobaj“      Geschwindigkeit des besten Sinkens      66 km/h  
 Geschwindigkeit des besten Gleitverhältnisses 73 km/h  
 Bei einer Fahrtmesseranzeige von 70 km/h beträgt  $V_R$   
 bei einem mittleren Steigen von:

St						
m/s	0,5	1	2	3	4	5
$V_R$	<hr/>					
km/h	26	36	44	48	50	52

„Meise“      Geschwindigkeit des besten Gleitverhältnisses 68 km/h  
 Geschwindigkeit des besten Sinkens      80 km/h  
 Bei einer Fahrtmesseranzeige von 80 km/h beträgt  $V_R$   
 bei einem mittleren Steigen von:

St						
m/s	0,5	1	2	3	4	5
$V_R$	<hr/>					
km/h	27	39	50	54	57	58

Mit Hilfe der ermittelten Reisegeschwindigkeit bei einem bestimmten, entsprechend den Wetterverhältnissen eingeschätzten mittleren Steigen kann unter Berücksichtigung der Windrichtung und -geschwindigkeit der Kurs ermittelt werden. Das wird ebenfalls erst bei längeren Flügen und kaum bei den Flügen zur „Silber-C“ Bedeutung erlangen. Da geschätzte Werte für die Ermittlung des Kurses verwendet werden müssen, ist es notwendig, Korrekturen während des Fluges vorzunehmen.

Ein weiterer Punkt der navigatorischen Flugvorbereitung ist das Eintragen der Weglinien in die Karte und die Anfertigung eines Navigationsplanes. Dieser Plan enthält die markantesten Linien, Flächen und Punkte des Flugraumes sowie die eingezeichneten Weglinien und, wenn notwendig, die ermittelten Kurse und Entfernungen. In diesem Plan sind Hinweise über Maßnahmen bei Orientierungsverlust enthalten. Die markantesten Linien werden als Leit- und Auffanglinien zur Wiederaufnahme der Orientierung besonders hervorgehoben. Am besten ist das wohl aus Abb. 125 zu erkennen, die einen derartigen Navigationsplan veranschaulicht.

Zur Vorbereitung eines Streckenfluges hat der Pilot auch bestimmte persönliche Vorbereitungen zu treffen. Grundvoraussetzung ist, wie bei jedem Flug, die gute körperliche Verfassung. Kleidung, die ein bequemes Sitzen im Flugzeug gestattet und vor niedrigen Temperaturen in größeren Höhen schützt, ist Bedingung. Beim Anlegen des Fallschirmes sollte man auf bequemen, aber ordnungsgemäßen Sitz achten. Für längere Flüge ist es ratsam, etwas Verpflegung und auch Getränke mitzuführen. Zur persönlichen Vorbereitung gehört, daß der Pilot seine Ausweise sowie einen schriftlichen Flugauftrag einsteckt.

Zur Vorbereitung des Segelflugzeuges für den Streckenflug gehört zunächst einmal eine gründliche Durchsicht wie vor jedem Flugbetrieb. Bei längeren Flügen ist auf eine gute Abdichtung der Kabine, vor allem an der Bugkupplung, zu achten. Ein von außen dicht über der Kupplung angebrachtes Stück Gummi (aus altem Auto-schlauch) verhindert, daß der Fahrtwind durch die Kupplungsöffnung eintritt und die Kabine unterkühlt. Bequemer Sitz ist erforderlich, um auch längere Flüge ohne Beschwerden überstehen zu können. Auch eine gute Sicht ist wichtig. Deshalb sollte man Hauben und Schutzscheiben entsprechend säubern. Zur Ausrüstung der Streckenflugmaschine gehören ferner ein Verbandspäckchen, Werkzeug für die Demontage sowie Abdeckplanen und einige Seile zur Verankerung des Flugzeuges nach der Landung.

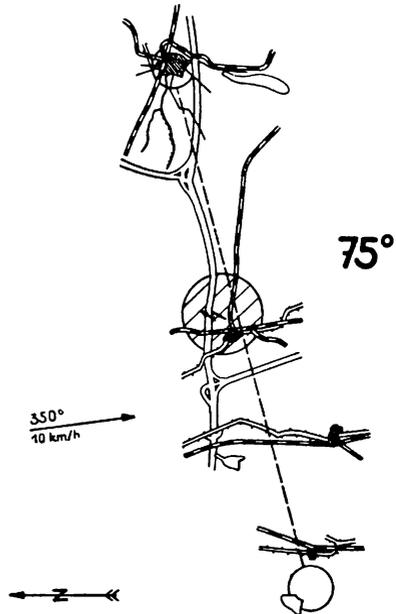


Abb. 125:  
Bei Orientierungsverlust 360° steuern  
und an der Autobahn Orientierung  
neu aufnehmen

### *Die Durchführung des Streckenfluges*

Sind alle Vorbereitungen getroffen, kann der Start zum Streckenflug erfolgen. Eine eingehende Wetterberatung wird den Tag und die Startzeit bestimmen. Alle uns bekannten Startarten können Anwendung finden. In den meisten Fällen wird allerdings der Windenstart angewendet werden.

Dabei sollte man, wie auch bei Thermikflügen am Platz, bestrebt sein, in Startrichtung, also gegen den Wind, Anschluß an ein Aufwindfeld zu finden. So besteht immer die Möglichkeit, wieder auf dem Platz zu landen, wenn die Aufwindverhältnisse nicht ausreichen. Die ideale Startart ist zweifellos der Flugzeugschleppstart, bei welchem das Segelflugzeug direkt in ein Aufwindfeld hineingeschleppt werden kann. Die Ausklinkhöhe soll nicht zu hoch sein, damit man auch die Steigbereiche in relativ geringen Höhen am Platz erproben kann. Vor dem Abflug vom Platz werden das ungefähre mittlere Steigen und die Höhenlagen, in denen das Steigen am intensivsten ist, festgestellt.

Sind die Möglichkeiten für eine erfolgreiche Durchführung des Streckenfluges gegeben, erfolgt der Abflug möglichst über dem Platz. Beim ersten Geradeausflug in Richtung zum Ziel orientiert man sich nach markanten Punkten, die man nach dem Navigationsplan auf der Erde wiederfindet. Zur Groborientierung wird man sich die Lage der Sonne zum Kurs einprägen, um einen ungefähren Anhaltspunkt beim Aufrichten des Flugzeuges nach dem Kreisen im Aufwindgebiet zu haben. Um zu vermeiden, daß der Streckenflug bereits unweit des Platzes mit einer Krise beginnt, wird für den weniger erfahrenen Piloten die Abflughöhe die größtmögliche Höhe sein, die er über dem Platz erreichen konnte. Ist die Thermik infolge der frühen Startzeit noch gering, wird man entsprechend der zu überwindenden Strecke entscheiden, wann man den Platz verläßt. Für kurze Strecken wird die Startzeit oder aber die Abflugzeit in die Zeit fallen, in der die Thermik mit größerer Heftigkeit einsetzt. Bei längeren Flügen allerdings wird der Pilot gezwungen sein, schon die Zeit der geringen Thermik auszunutzen, um das Tagesziel zu erreichen.

Nur bei sehr guten thermischen Verhältnissen wird ein Flug ohne nennenswerte Abweichungen von der Weglinie durchgeführt werden können. In der Mehrzahl der Fälle ist der Streckenflug ein Flug, der in gebrochener Linie von einem Aufwindgebiet zum anderen führt, auch wenn es nicht unmittelbar an der Weglinie liegt. Bei Cumulus-Thermik geht es also von Wolke zu Wolke, wobei sich der Neuling bemühen wird, unter Wahrung des Sicherheitsabstandes an der Basis zu bleiben. Erfahrungsgemäß liegen die Aufwindgebiete am Vormittag in geringerer Entfernung voneinander, und zwar in 2 bis 3 km Abstand, während sich am Nachmittag die Entfernung auf 5 bis 8 km vergrößert. Am späten Nachmittag, also gegen Ende der Thermik, liegt oftmals ein Abstand von 20 km zwischen den einzelnen Aufwindgebieten.

Man wird immer wieder feststellen, daß die Aufwindgebiete unterschiedlich stark sind. Dementsprechend sollten nur die Aufwindgebiete ausgeflogen werden, die ein genügend starkes Steigen bringen.

Bärte mit geringerer Intensität werden mit der Geschwindigkeit des günstigsten Eigensinkens durchflogen, um im Geradeausflug zusätzlich Höhe zu gewinnen. Hat man die Basis (abzüglich Sicherheitsabstand) erreicht, wird man hier oft so starke Aufwinde antreffen, daß die Gefahr besteht, in die Wolke hineingezogen zu werden. Durch Fahrtzunahme drückt man das Steigen bis auf 0 weg. Wichtig ist allerdings, daß die Höchstgeschwindigkeit des Flugzeugs bei böigem Wetter nicht überschritten wird. Ist es nicht möglich, durch die für die Maschine zulässige Höchstgeschwindigkeit das weitere Steigen zu verhindern, so sind die Sturzflugbremsen zur Erhöhung des Eigensinkens zu verwenden. (Höchstgeschwindigkeit hierfür beachten!)

In diesem Zusammenhang möchte ich mit aller Deutlichkeit auf die Einhaltung des Sicherheitsabstandes von der Wolkenbasis hinweisen. Der Wolkenflug ohne entsprechende Ausrüstung des Flugzeuges und ohne spezielle Kenntnisse und Erfahrungen birgt Gefahren, die von Segelfliegern oft unterschätzt werden.

Beim Suchen der Aufwindgebiete muß man berücksichtigen, daß das Variometer, insbesondere das Dosenvariometer, mit einer gewissen Verzögerung das Steigen anzeigt. Es kann also vorkommen, daß das Aufwindgebiet durchflogen und der Kreis dann bereits im Abwindgebiet eingeleitet wird. Schneller Entschluß und gutes Reaktionsvermögen sind notwendig, um im richtigen Moment einzukurven.

Beim Vorhandensein von Cumulus-Wolken wird man die Aufwindgebiete unter den Wolken suchen, die sich noch in der Entwicklung befinden (scharfe Ränder, im Verhältnis zur vertikalen Ausdehnung geringe flächenmäßige Ausdehnung). Das Einschätzen der Wolken bereitet gewisse Schwierigkeiten, die nur durch Erfahrung überwunden werden können. Ebenso gehört eine gewisse Erfahrung dazu, um entsprechend der Windrichtung und -geschwindigkeit und der Stärke des Aufwindgebietes die mehr oder weniger geeignete Lage des Aufwindschlauches aufzufinden. Der vertikale Abstand von der Basis ist ebenfalls beim Aufsuchen des Aufwindgebietes von Bedeutung. In vielen Fällen wird dieser vertikale Abstand zu gering eingeschätzt (Abb. 126).

Beim Auskurbeln der Bärte wird man auf die Erfahrungen zurückgreifen, die man bei seinen Thermikflügen am Platz gesammelt hat.

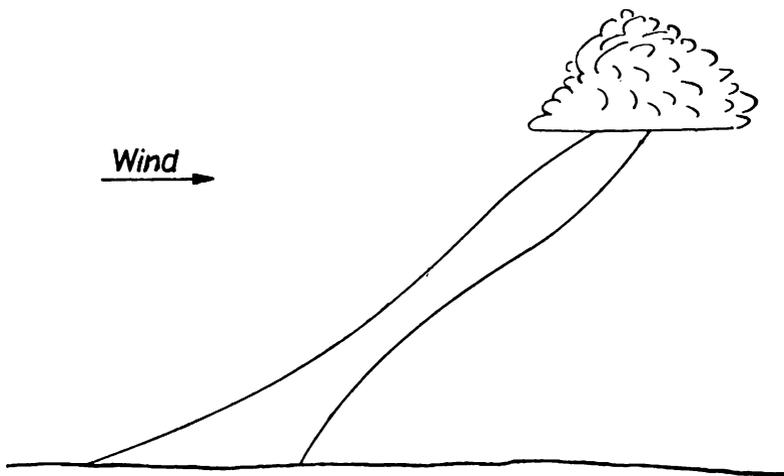


Abb. 126: Bei starkem Wind wird der Abstand des Aufwindfeldes von der Wolkenbasis oft unterschätzt

Beim Abflug aus dem Aufwindgebiet wird wieder die Richtung aufgenommen, indem man markante Punkte auf der Strecke ansteuert. Falls die Orientierung nicht gleich wieder hergestellt ist, wird nach dem Stand der Sonne die ungefähre Richtung aufgenommen. Das „auf Kurs gehen“ nach dem Kompaß bedarf größerer Erfahrung und ist besonders schwierig, wenn man die Kreise mit großer Schräglage geflogen hat. Die Ursachen dafür sind der Drehfehler des Kompasses und die Tatsache, daß bei großer Schräglage die Kompaßrose hängen kann. Hinzu kommt, daß man beim Abflug aus dem Aufwindgebiet stark turbulente Luftströmungen durchfliegt, die das Steuern nach dem Kompaß noch erschweren. Befindet sich das Flugzeug in normaler Fluglage auf dem Kurs, werden notwendige Verbesserungen nach dem Kompaß vorgenommen.

Nach mehreren Geradeausflügen im Abwindgebiet werden sich, besonders bei Seitenwind, geringe Korrekturen des Kurses ergeben, da ja bei der Festlegung des Kurses das „ $V_R$ “ eingesetzt werden mußte, das vom jeweiligen mittleren Steigen abhängig ist (Abb. 127 a, b, c).

Befindet man sich in erreichbarer Nähe des Zieles, so wird der Zielanflug durchgeführt. Der Segelflieger mit geringerer Erfahrung wird die Anflughöhe und den Punkt, von dem aus er den Zielanflug beginnt, dadurch

festlegen, daß er die Entfernung zum Ziel feststellt und entsprechend dem Gleitverhältnis seines Flugzeuges grob überrechnet, ob er das Ziel erreichen kann. Dabei muß er berücksichtigen, daß eine notwendige Sicherheit gewährt bleiben muß, um auch bei ungünstigen Verhältnissen das Ziel in einer Höhe zu erreichen, die ihm eine brauchbare Landeinteilung gestattet. Piloten mit größerer Erfahrung werden, um keine Zeit zu verschenken, genau errechnen, von welchem Punkt aus sie bei entsprechender Höhe das Ziel erreichen.

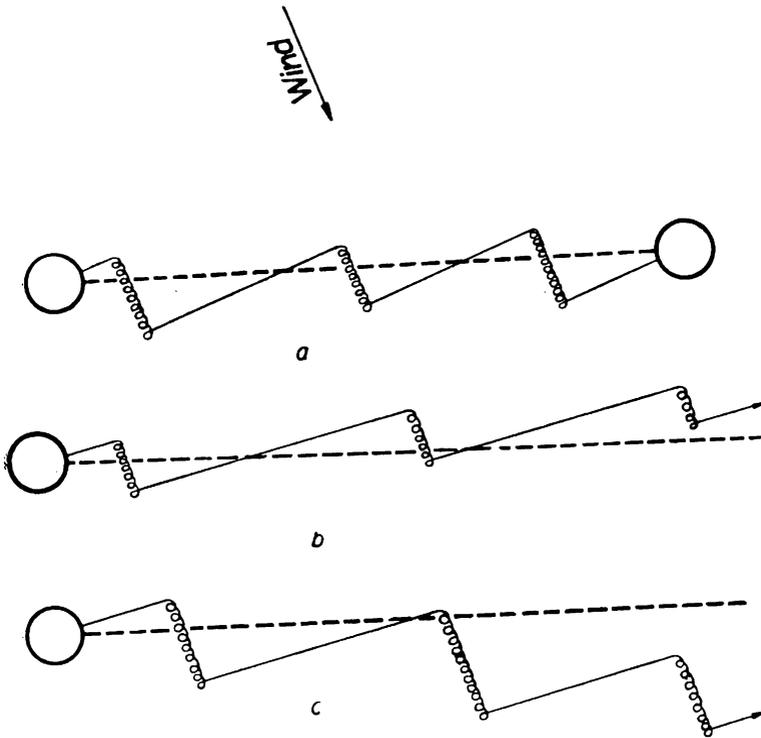


Abb. 127

- a) Richtig eingeschätztes mittleres Steigen
- b) Mittleres Steigen ist stärker als eingeschätzt, dadurch zu großer Abtriefwinkel
- c) Mittleres Steigen ist schwächer als eingeschätzt, Abtriefwinkel zu gering

## *Die Landung*

Die Landung nach einem Streckenflug kann bei unterschiedlichen Bedingungen erfolgen.

Erfolgt die Landung auf einem Segelflughafen, so hat man sich in die Platzrunden einzureihen und unter größtmöglicher Rücksicht auf den am Platz stattfindenden Flugbetrieb am Landekreuz zu landen. Dazu ist es notwendig, mit einer Mindestflughöhe von 300 m am Platz anzukommen. Soll die Landung auf einem Platz erfolgen, auf dem Motorflugbetrieb durchgeführt wird, so ist das Flugzeug am Platzrand an einer Stelle zu landen, an welcher der Motorflugbetrieb nicht gestört wird. Beim Anflug eines solchen Platzes ist besondere Aufmerksamkeit und Umsicht notwendig.

Muß die Landung auf einem unbekanntem, nicht als Flugplatz benutzten Gelände durchgeführt werden, so ist bei der Vorbereitung und Durchführung der Landung besondere Sorgfalt zu üben. Schon aus größerer Höhe wird die Windrichtung festgestellt. Das ist nicht schwierig. So kann die Versetzung über Grund Aufschlüsse über die Windrichtung geben. Die Zugrichtung der Wolkenschatten oder der Rauch- und Staubfahnen ist ebenfalls ein Anzeichen für Stärke und Richtung des Windes.

Das Neigen der Bäume, das Wogen des Getreides, der Wellengang auf den Gewässern sind weitere Mittel, um die Windrichtung festzustellen. Grundsätzlich sollte man versuchen, die Außenlandung gegen den Wind durchzuführen. Das Landegelände wird unter Berücksichtigung der Windrichtung nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt:

- a) Kleefelder, Stoppelfelder und trockene Wiesen sind am besten geeignet;
- b) Saatfelder und niedere landwirtschaftliche Kulturen sind in Ermangelung der ersteren zu wählen;
- c) Getreide, höhere landwirtschaftliche Kulturen, nasse Wiesen und niederer Strauchbestand sind die nächstgünstige Möglichkeit;
- d) Moor, Wasser, Wald und felsiges Gelände stellen die ungünstigsten Möglichkeiten dar, die nur im äußersten Notfall in Betracht kommen.

Um zu vermeiden, daß man ein zur Landung gänzlich ungeeignetes Gelände vorfindet, ist es notwendig, schon bei der Festlegung der Flugstrecke diese Punkte zu berücksichtigen. Während des Fluges und dann, wenn der Pilot gezwungen ist, unter 1000 m Höhe zu fliegen, ist das Gelände bereits auf Landemöglichkeiten zu prüfen. Beträgt die Höhe



*Abb. 128: Start zum Überlandflug mit einer „Jaskolka“*

über Grund nur noch 400 m, so muß man ein geeignetes Notlandegelande nach vorstehenden Gesichtspunkten auswählen. In erreichbarer Nähe dieses Geländes wird man dann versuchen, wieder Anschluß an ein Aufwindgebiet zu finden. Gelingt dies nicht, so wird die Landung auf dem ausgewählten Gelände mit Sicherheit durchgeführt. Erkennt der Pilot im Landeanflug, daß das Gelände doch nicht so gut ist, wie er es aus 400 m Höhe eingeschätzt hatte, so ist es nur in den dringendsten Fällen ratsam, den Landeplatz zu wechseln. Oft führen diese Versuche zu Störungen und zu größeren Schäden, als wenn man das einmal gewählte Gelände beibehalten hätte. Auf dem vorgesehenen Landeplatz stellt man sich einen Punkt als Landekreuz vor und fliegt denselben auch so an, wie man es auf dem Flugplatz tun würde.

Nach der Landung sind bestimmte Maßnahmen erforderlich, die der Sicherung des Flugzeuges und der Meldung des Flugzeuges dienen.

Erfolgte die Landung auf einem Fluggelände, so wird es keine Schwierigkeiten bereiten, das Flugzeug zu sichern und die notwendigen Personen für den Transport des Flugzeuges zu finden.

Nach einer Außenlandung jedoch beginnen einige Schwierigkeiten, die sich aus dem starken Interesse der Bevölkerung und aus der Unkenntnis über die Empfindlichkeit des Flugzeuges gegen die oft recht handgreiflichen Untersuchungen ergeben. Die erste Maßnahme nach der Landung muß deshalb sein, das Flugzeug gegen Beschädigungen, die durch Zuschauer entstehen können, zu schützen. Zu diesem Zweck sucht man sich einige geeignete Personen aus der schnell anwachsenden Zuschauermenge aus. Das Flugzeug wird, wenn es auf bebautem Feld gelandet ist, an die Straße oder auf ein in der Nähe liegendes Stück Brachland transportiert, um Flurschaden zu vermeiden. Ist dieses geschehen oder ist man der Meinung, daß das Flugzeug an dem Landeplatz stehenbleiben kann, läßt man von einem Helfer den Flügel waagrecht halten, um zu vermeiden, daß mit den Füßen auf den Flügel getreten wird. Einer vertrauenerweckenden Person, nach Möglichkeit einem Angehörigen der Polizei, wird sodann die Verantwortung für das Flugzeug übergeben, damit man vom nächsten Telefon aus die Landemeldung durchgeben kann. Bei ungünstigem Wetter muß man das Flugzeug zuvor verankern und die mit der Wache beauftragten Personen entsprechend einweisen.

Die Landemeldung, die zuerst an den Flugsicherungsdienst und dann an den Heimatflugplatz durchgegeben wird, enthält folgende Punkte:

1. Name des Piloten und sein persönliches Befinden, Heimatflugplatz.
2. Typ und Zulassungs-Nummer des Flugzeuges, Startzeit, Landezeit, Zustand des Flugzeuges.
3. Landeort mit genauen Angaben über Kreis und Bezirk.
4. Telefonanschluß für eventuelle Rückfragen.

Für den Heimatflugplatz kommen hinzu:

5. Angaben über die Möglichkeit des Rücktransportes, wie Zufahrtstraßen zum Landeort oder Angaben über Flugzeugschleppstart.

Besteht an dem gleichen Tage keine Möglichkeit des Rücktransportes, so hat der Pilot zu entscheiden, wie das Flugzeug untergebracht wird. Die Unterbringung in Scheunen, Sälen, Speichern oder auch in Güterschuppen der Reichsbahn ist zu empfehlen. Das Flugzeug muß mit einer eingewiesenen Mannschaft demontiert und transportiert werden. Besteht keine dieser

Unterbringungsmöglichkeiten, so muß das Flugzeug für die Nacht entsprechend verankert und bewacht werden.

Weitere Maßnahmen nach der Landung sind: Abstellen des Höhenschreibers, Entspannen des Fallschirms, Anbringen des Düsenschutzes und Einholen der Landebestätigung.

Es ist ratsam, nach jedem Flug eine Auswertung vorzunehmen, um für weitere Flüge entsprechende Schlüsse ziehen zu können. Wurde ein Höhenschreiber verwendet, so kann anhand der aufgezeichneten Kurve jede Phase des Fluges noch einmal genau durchdacht und auf Fehler untersucht werden. Immer wird man feststellen können, daß man in dieser oder jener Phase des Fluges anders hätte handeln können. Für jeden weiteren Flug aber werden diese Erfahrungen von Bedeutung sein.

# Rekord-Geschwindigkeitsflüge

Von J. POPIEL (Volksrepublik Polen)

Die Flugtaktik auf der 100-km-Dreieckstrecke erhält auf Grund von Erfahrungen eine stetige Modernisierung und Verbesserung. Die starke Konkurrenz auf den alljährlichen Flugveranstaltungen zwingt zur Suche nach immer neuen Flugformen oder zur Spezialisierung auf genau bestimmte Probleme, die mit der Flugtaktik zusammenhängen. Das ständige Streben zur Erreichung maximaler Fluggeschwindigkeiten führt zum systematischen Studium von meteorologischen Problemen und der Segelflugzeugnavigation.

Von allen Segelflugsdisziplinen ist der 100-km-Dreieckflug die Flugart, die vom Piloten die größten Anstrengungen, die größte Aufmerksamkeit und das größte fliegerische und taktische Können verlangt. Man muß sich vergegenwärtigen, daß jede auf der Strecke verlorene Minute die Fluggeschwindigkeit in großem Maße negativ beeinflußt und im Endeffekt zum Verfehlen eines Rekordes führen kann.

Die Fluggeschwindigkeit auf dieser Strecke hängt von der Summe der Zeit ab, die man, um Höhe zu gewinnen und für den Geradeausflug, benötigt.

Sie kann in hohem Maße erhöht werden:

1. durch den geringsten Zeitaufwand für das Steigen in den Thermikblasen;
2. durch den vorteilhaftesten Geradeausflug;
3. durch die entsprechende Anpassung der Navigation an die örtlichen Streckenverhältnisse.

Zieht man alle derartigen Faktoren in Betracht, so fordert der 100-km-Dreieckflug mit Geschwindigkeitswertung vom Piloten einen größeren Energieaufwand als ein Langstreckenflug, der mit vielstündigem Segeln verbunden ist. Das ist natürlich nur dann der Fall, wenn sich der Segelflieger bemüht, alle seine Kenntnisse einzusetzen. In den nachfolgenden Abschnitten habe ich einmal das zusammengestellt, was zur Erreichung von Geschwindigkeitsrekorden führen kann.

Sicher kann man auch für „normale“ Dreieckflüge, die ja heute alle mit Geschwindigkeitswertung geflogen werden, einige Schlußfolgerungen aus diesen Zeilen ziehen.

### *Festlegen der Dreieckstrecke*

Die Dreieckstrecke mit 100 km Umfang soll nach einer Reihe von Erkundungsflügen festgelegt werden. Die vorgesehene Strecke muß thermisch gut ausgewählt sein, d. h. sie muß einige vollkommene thermische Zentren haben, die das Entstehen starker thermischer Aufwinde begünstigen. Es ist darauf zu achten, daß keine Strecke gewählt wird, die Abschnitte mit ausgesprochenen Abwinden besitzt. Die Praxis hat bewiesen, daß es bei den in Polen vorherrschenden Bedingungen im allgemeinen günstig ist, die Dreieckstrecke entlang den Rändern von Waldgebieten festzulegen. Längs der Waldränder formen sich, über mehrere km weit, die Cu-artigen Wolken überwiegend zu Cumulusketten und Wolkenstraßen. Diese Thermikform begünstigt die Durchführung von Geschwindigkeitsflügen außerordentlich, da es unter solchen Bedingungen möglich ist, einen bedeutenden Teil der Strecke im Geradeausflug zu bewältigen, bei dem sogar oft Höhe gewonnen werden kann. Falls eine Seite der Dreieckstrecke besonders gute thermische Verhältnisse aufweist, so ist es vorteilhaft, sie möglichst lang zu führen, jedoch so, daß die Seitenlänge den im Reglement der FAI enthaltenen Bestimmungen entspricht. Es ist sehr wesentlich, die erste Seite des Dreiecks als längste Teilstrecke zu wählen. Der Grund dafür ist die Möglichkeit der stetigen Beobachtung der Wetterverhältnisse durch den gestarteten Piloten. Auf dieses Problem wird jedoch in den nächsten Abschnitten noch besonders eingegangen. Die beiden übrigen Seiten des Dreieckskurses sollten ebenfalls eine möglichst starke Thermik aufweisen. Von besonderer Wichtigkeit ist das Vorhandensein eines starken Thermikherdes auf der zweiten Seite des Dreiecks, und zwar etwa 10 bis 15 km vor dem zweiten Kontrollpunkt. Für die dritte Seite ist es nur wichtig, daß hier keine starken Abwinde vorkommen. Es genügt völlig, wenn auf der letzten Seite Gebiete mit schwachen Aufwinden oder geringfügige Abwinde auftreten. Die Begründung hierfür geht aus der für die 100-km-Dreieckstrecke angewendeten Flugtechnik hervor, die im weiteren Verlauf eingehend beschrieben wird. Die besondere Aufmerksamkeit ist auf die Wahl der Kontrollpunkte zu richten. Sie sollen so ausgelegt sein, daß sie der Segelflieger bereits in einer Entfernung von etwa 12 km in Sicht bekommt. Sie sind also in der Nähe von auffallenden Orientierungspunkten vorzusehen.

### *Thermikarten und Möglichkeiten der Rekordaufstellung*

Es ist bekannt, daß die Rekordmöglichkeiten neben dem fliegerischen Können des Piloten und den Leistungen des Segelflugzeugs vor allem von

den meteorologischen Verhältnissen, kurz gesagt, von der Thermik beeinflußt werden.

Es werden uns vor allem die bei Windstille oder schwachem Wind (bis 20 km/h) auftretenden Thermikarten interessieren:

1. die durch Sonneneinstrahlung entstandene Thermik;
2. die aufgetragene Thermik (verbunden mit dem Einfließen kühler Luftmassen).

Bei der erstgenannten Thermikart sind folgende Fälle besonders zu erwähnen:

- a) wolkenlose Thermik, die in frischer arktischer Luft auftritt,
- b) wolkenlose Thermik, die in alter Höhenluft vorkommt und
- c) Cumulusthermik.

Die in der frischen, abgekühlten arktischen Luft auftretende wolkenlose Thermik zeichnet sich vor allem durch Entstehung von starken Thermikblasen sowie durch Zwischenblasenfelder mit einem Übergewicht von starken Abwinden aus. Aus Erfahrungen, die bei Flügen unter solchen Bedingungen gesammelt wurden, ist bekannt, daß die Steiggeschwindigkeiten hierbei maximal 4 bis 5 m/s betragen. Die Abwinde zwischen den Thermikblasen bewegen sich bei 3 bis 5 m/s. Starke Aufwinde treten im allgemeinen recht selten auf, die Abwinde dagegen oft. Unter solchen Bedingungen ist es also außerordentlich schwierig, Geschwindigkeitsflüge durchzuführen. Auf verschiedenen Streckenabschnitten ist oft mit Flügen in geringer Höhe zu rechnen. Falls der Pilot bemüht war, bei solchem Wetter nur in ausnehmend kräftigen Aufwinden (über 3 m/s) Höhe zu gewinnen, so endeten die Flüge oft mit Zwangslandungen auf der Strecke. Es sind Fälle bekannt, daß der Pilot beim Gleitflug von 1300 m bis auf 100 m Höhe auf keine mittleren Aufwinde stieß, die eine einigermaßen schnelle Höhenzunahme ermöglicht hätten. Unter solchen Bedingungen Rekord-Geschwindigkeitsflüge durchzuführen, scheint also unreal zu sein. Es kommt noch hinzu, daß der Pilot nicht imstande ist, die sich auf der Strecke entwickelnden Flugverhältnisse zu verfolgen, da keine Cumuluswolken vorhanden sind. Die bei dem Wetter oft erscheinenden Cumulusfetzen sind praktisch kein Hinweis für das Vorhandensein starker Aufwinde, da sie sich sehr schnell wieder auflösen. Starke Thermikblasen treten unter den hier behandelten Bedingungen nur selten auf. Die Praxis bewies auch, daß die Lebensdauer derartiger Blasen oftmals zu kurz ist, um nur 100 m Höhe bei kräftigem 4 m/s Steigen (Zeitdauer etwa 3 bis 5 min) zu

gewinnen. Schon die Tatsache des Fehlens von Cumuluswolken weist entweder auf die tief gelagerte Inversion oder darauf hin, daß die Aufwinde das Kondensationsniveau nicht erreichen. Im letzteren Falle können die Flugverhältnisse allerdings sehr gut sein. Die Unmöglichkeit, die Entwicklung der Flugverhältnisse auf der Strecke zu verfolgen und demnach auch die Unmöglichkeit, die günstigste Startzeit festzusetzen, sind also die negativen Eigenschaften der wolkenlosen Thermik.

Die in alter Höhenluft auftretende wolkenlose Thermik ist für Rekordgeschwindigkeitsflüge auf der 100-km-Dreieckstrecke ungeeignet. Sie zeichnet sich gegenüber der oben beschriebenen wolkenlosen Thermik durch Vorhandensein schwacher Aufwinde aus. Diese Tatsache ist hervorgerufen durch die starke Überhitzung der lagernden Luftmassen, durch zahlreiche in verschiedenen Höhen vorhandene Inversionen und durch schwächere Sonneneinstrahlung infolge großer, unter den Inversionen befindlicher Staubmengen. Diese Thermikart kommt recht spät auf und verschwindet frühzeitig. Die Thermikblasen sind überwiegend eng, die Aufwinde zerrissen und die Abwinde recht heftig.

Recht vielfältige Möglichkeiten für Geschwindigkeitsflüge schafft dagegen die Cumulusthermik. Der Segelflieger ist hierbei in der Lage, die Wetterentwicklung zu beobachten und kann sich nach dem Aussehen der Wolke über die Stärke des darunterliegenden Aufwindes orientieren. Um die Aufwindstärke unter den Wolken genau bestimmen zu können, muß der Pilot bereits große Erfahrungen im Leistungsflug und ausgezeichnete meteorologische Kenntnisse besitzen (Abb. 129 und 130).

Er ist allerdings dann in der Lage, große Streckenabschnitte zu segeln, ohne kreisen zu müssen. Beim Hochtürmen von Cu-Wolken und ihrer Auf-

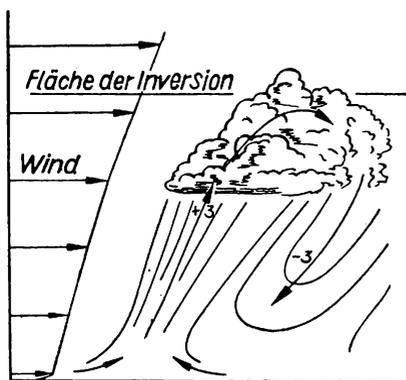


Abb. 129:  
Lage des Aufwindfeldes unter einer  
Cu-Wolke (Höhenwind stärker als der  
Bodenwind).

lockerung zu Cu con besteht die Möglichkeit, den größten Streckenteil über der Kondensationsbasis zurückzulegen. Die Vorteile eines derartigen Fluges sind sehr bedeutend, da es möglich ist, kräftigere vertikale Strömungen in der Wolke auszunutzen und hier weite Streckenabschnitte im Geradeausflug zurückzulegen. Hinzu kommt, daß hierbei auch meistens keine Abwinde anzutreffen sind.

Die typische aufgetragene Thermik tritt nach dem Einströmen kühler Polar-Seeluftmassen hinter der Kaltluftfront auf. Die Windgeschwindigkeit bewegt sich hierbei im allgemeinen über 30 km/h. Von einer Rekordgeschwindigkeit auf der 100-km-Dreieckstrecke kann also praktisch nicht die Rede sein.

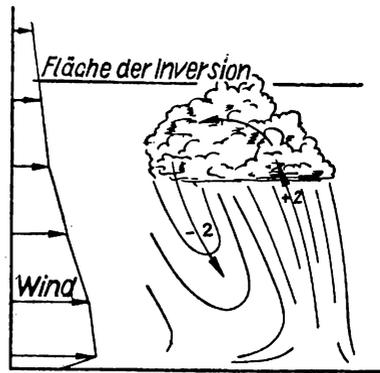


Abb. 130:  
Lage des Aufwindfeldes unter einer  
Cu-Wolke (Höhenwind schwächer als  
der Bodenwind)

Bezüglich der sich ergebenden Möglichkeiten wird uns die windlose aufgetragene Thermik interessieren, die im Laufe des Tages zu einer ausgearbeiteten Thermik wird. Es kommt oft vor, daß der vorhandene Hochdruckkern an Stelle der alten überhitzten Luft frische maritime Luft aus den nördlichen Gebieten Europas ansaugt. Infolge des Einströmens kalter Luftmassen auf den erwärmten Untergrund bilden sich ausgezeichnete Flugverhältnisse für jegliche Dreiecks- und Zielflugarten. Die in den Morgenstunden entstandene Thermik ist der typischen aufgetragenen Thermik täuschend ähnlich. Die bereits seit den frühen Stunden aufsteigenden vertikalen Strömungen zeichnen sich, ähnlich der bei starkem Wind auftretenden aufgetragenen Thermik, durch die beachtliche Geschwindigkeit und den Umfang der Blasen aus. Die Aufwindgebiete sind bei diesem Wettertyp bereits in den Morgenstunden recht umfangreich. In den Sommermonaten zeigen sich oft schon gegen 9.00 Uhr Cu-ähnliche Wolken und stellen-

weise auch typische Cu humilis. Das zeugt vom Vorhandensein sehr guter Flugverhältnisse. Es wurde festgestellt, daß bei dieser Wetterart bereits gegen 9.00 Uhr Aufwinde von 3 und sogar 4 m/sec anzutreffen sind. Die Aufwinddichte steigt mit der Sonneneinstrahlung; das mittlere Steigen nimmt ebenfalls zu, während die maximalen Steiggeschwindigkeiten bei 4 bis 6 m/s liegen. Beachtenswert ist, daß ganze Gebiete geringer Abwinde auftreten und auch die Thermikblasen gegenüber der „normalen“ Thermik vielfach breiter sind. Die typische Wolkenbildung durch Schönwettercumuli hält sich im allgemeinen am halben Himmel aufrecht. Zu betonen ist noch, daß die Cu-Basis im Lauf des Tages erheblich steigt. Diese Eigenschaft ist für die aufgetragene Thermik typisch. Man hat beobachtet, daß die Wolkenbasis zwischen 10.00 Uhr und 14.00 Uhr von etwa 1200 m bis auf 2400 m Höhe stieg. In den Mittagsstunden nehmen die Cumuli oft die Form von Cu hum an, mit sehr breiter Basis und untergerollten Rändern. Das ist ein untrügliches Zeichen des Auftretens starker Aufwinde. In den Nachmittagsstunden nimmt die Bewölkung beträchtlich ab. Die Cumuli verbleiben lediglich über ausgesprochen thermischem Untergrund, wobei es oft zur Vereinigung mehrerer Cu zu einer ausgedehnten flachen Wolke kommt. Die Aufwinde sind unter solchen Wolken allgemein breit und stark (3 bis 5 m/s). Die Verringerung der Bewölkung in den Mittagsstunden kann durch die bedeutende Erhöhung der Wolkenbasis erklärt werden. Die Dichte der auftretenden vertikalen Strömungen geht mit der Zeit etwas zurück. Obwohl die Thermikblasen nicht so dicht wie am Vormittag stehen, sind sie doch sehr intensiv. Starke Abwinde kommen zwischen den Blasen nicht vor, dagegen oft ausgedehnte schwache Abwindgebiete. Die Zeitdauer dieser Thermik, die beim Flug effektiv ausgenutzt werden kann, liegt in den Sommermonaten bei 10 Stunden, also im Mittel von 8.30 Uhr bis 18.30 Uhr. Das charakteristische an dieser Wetterlage ist, daß sie sich nur einen Tag hält. Am nächsten Tag tritt vorwiegend eine wolkenlose Thermik mit erheblicher Lufttrübung auf, was auf alte Höhenluft hindeutet.

Die eben geschilderte Thermikart schafft sehr günstige Bedingungen zur Ausführung von Rekord-Geschwindigkeitsflügen auf geschlossenen Strecken, insbesondere auf 100-km-Dreieckstrecken.

Erwähnenswert wäre noch, daß bei Wärmegewitterthermik große Möglichkeiten offenstehen, auf der 100-km-Dreieckstrecke Rekordgeschwindigkeiten zu erzielen. Allerdings kommen hier lediglich Cu-con-Wolken in Betracht, deren Gipfel eine Höhe von 4000 bis 5000 m erreichen und Steigbereiche von 8 bis 15 m/s im Wolkeninneren aufweisen. Bei dieser Wetter-

art kann man sehr ausgedehnte Gebiete mit thermischer Leblosigkeit antreffen. Bei einem gut organisierten Hilfs- und technischen Dienst, wie auch bei schneller Inbetriebnahme von Kontrollpunkten könnten sich aber gute Rekordmöglichkeiten ergeben. Die Kontrollpunkte und das Segelflugzeug müßten in Funkverbindung stehen, damit der Pilot sich aus großer Höhe melden kann. Der Start zum Rekordflugversuch müßte oft innerhalb weniger Minuten zum Zeitpunkt des Auftretens der Cumuli co erfolgen. Ich bin der Überzeugung, daß die Überschreitung der 100-km/h-Geschwindigkeit in dieser Disziplin gerade unter den eben genannten Bedingungen erfolgen wird.

### **Die Ausnutzung des Segelflugzeugs und die taktische Ausarbeitung des Fluges**

Die Technik der Ausnutzung der Maschine in solchen Leistungsflugphasen wie z. B. beim Kreisen wird hier gänzlich außer acht gelassen. In diesem Abschnitt soll lediglich die Technik der vorteilhaftesten Ausführung von Sprüngen zwischen den Aufwindgebieten behandelt werden. Alle hier aufgeführten Daten und Erwägungen beziehen sich auf das Segelflugzeug „Jaskolka“.

#### *Flugstart*

Der Flugstart, d. h. praktisch der Beginn des Segelfluges, ist durch den Flug des Segelflugzeugs über die Startlinie, die durch gut erkennbare weiße Tücher markiert wird, gekennzeichnet. Der Anflug auf das Startband muß laut Bestimmungen des FAI auf einer Höhe von höchstens 1000 m waagerecht zur Bandlinie und bei erhöhter Geschwindigkeit aus einer Entfernung von nicht weniger als 3 km erfolgen. Beim Start zum Rekordflug auf einer 100-km-Dreieckstrecke ist der wirtschaftlichsten Ausführung des Flugstarts große Beachtung zu schenken. Der Pilot muß dabei alle Möglichkeiten, die ihm das Segelflugzeug bietet, ausnutzen. Aus dem Grunde ist es richtig, den Flugstart mit einer möglichst hohen Geschwindigkeit vorzunehmen. Man kann sich in diesem Falle beim Melden, unter günstigsten thermischen Verhältnissen, auf der „Jaskolka bis“ Geschwindigkeiten von maximal 180 bis 200 km/h erlauben. Das gilt natürlich nur für ein Segelflugzeug im besten technischen Zustand. Unmittelbar vor dem „Anheizen“ muß der Flieger mit Rücksicht auf mögliche thermische Luftstöße die Gurte festziehen.

Der so durchgeführte Flugstart ist von zweifachem Nutzen. Es können beim Flug dadurch 3 bis 4 min eingespart werden, und das Geräusch der sich mit Geschwindigkeit nähernden Maschine ist von dem Beobachter genau zu hören, so daß vom Übersehen des Segelflugzeugs nicht die Rede sein kann. Die Zeiteinsparung wird gegeben durch den Höhenunterschied zwischen der zugelassenen Flughöhe über dem Flugstartband und der durch die anschließend in Höhe umgesetzte Überfahrt. Der Unterschied kann manchmal bis zu 300 m betragen. Nimmt man das mittlere Steigen, das der Pilot auf der Strecke brauchen würde, mit 2,5 m/s an, so würde die eingesparte Zeit etwa 3 min betragen. Hiervon müßten sonst 2 min für das Kreisen und 1 min für das Auszentrieren der Thermikblase aufgewendet werden.

### *Die Flugtaktik auf dem ersten Streckenabschnitt*

Die erste Seite der zu befliegenden Dreieckstrecke bietet dem Piloten gegenüber den anderen Seiten wesentliche Vorteile, die sich aus der Möglichkeit der Entscheidung über den Flugbeginn ergeben. Um die Vorteile voll ausnutzen zu können, muß der Pilot sich in einem durch Streckenverlängerung über dem Ausgangsplatz hinaus bestimmten Gebiet in 5 bis 10 km Entfernung und 1400 bis 1700 m Höhe aufhalten. Der den thermischen Flug in dem genannten Bereich durchführende Flieger muß die sich auf der Strecke der ersten Seite entwickelnden meteorologischen Verhältnisse genau verfolgen und daraus entsprechende Schlüsse ziehen. Treten günstige Flugbedingungen auf, so besitzt unser Flieger durch den Aufenthalt in etwa 1400 bis 1700 m die entsprechende Höhe, um sich sofort über dem Startband abzumelden. Als günstige Flugbedingungen sind anzusehen: das Erscheinen einer stark ausgebauten Cu-Wolke auf der Strecke in etwa 10 km Entfernung, die vom Vorhandensein eines starken Aufwindes von wenigstens 4 m/s zeugt oder das Auftreten einer Cumuluswolkenstaße auf dem größten Streckenteil der ersten Dreieckseite. Im ersten Falle ist nach dem Flugstart auf dem schnellsten Wege die vermutete starke Aufwindstelle anzufliegen. Nach dem Passieren der Startlinie ist die Fluggeschwindigkeit von 200 auf 150 km/h zu verringern und beim ersten, zum Kreisen zu schwachen Aufwind eine weitere Geschwindigkeitsabnahme im Aufwärtsflug vorzunehmen. Wird kein starker Aufwind vorgefunden und tritt damit ein Zeitverlust ein, so ist der Versuch als fehlgeschlagen anzusehen und der Rückflug in die Wartezone anzutreten. Durch weitere Beobachtung der Flugverhältnisse ist wiederum der günstigste Augenblick abzuspannen und

ein weiterer Startversuch zu unternehmen. Es sind Fälle bekannt, in denen Piloten, die den Geschwindigkeitsrekord auf der 100-km-Dreieckstrecke angreifen wollten, sich zwischen 11.00 Uhr und 14.00 Uhr vier- bis fünfmal über dem Flugstartband meldeten. Bezeichnend dafür ist der Flug, bei dem der bestehende Weltrekord aufgestellt wurde. Der Segelflieger Jerzy Wojnar hielt sich in der Wartezone vier Stunden lang auf, ehe er auf die Strecke ging. Erst nach dem Eintreten günstiger Bedingungen entschloß er sich, den Flugstart zu wagen. Auf diese Weise legte Wojnar die erste Seite der Dreieckstrecke von 38 km Länge in 19 min zurück, was der ausgezeichneten Fluggeschwindigkeit von 120 km/h entspricht. Im übrigen sollte der erste Wendepunkt in Abhängigkeit von den Wetterverhältnissen in 990 bis 1250 m Höhe erreicht werden.

### *Taktik auf der zweiten Seite des Dreiecks*

Nach der Meldung am ersten Wendepunkt muß der Pilot versuchen, Höhe zu gewinnen, und zwar am vorteilhaftesten im Geradeausflug. Trifft er auf starke Aufwinde (über 3 m/s), so sind sie im Kreisen zu nutzen, falls es keine deutlichen Anzeichen gibt, daß in der Nähe weiterer Aufwind oder breitere Aufwindgebiete, z. B. von 2 m/s, vorhanden sind. Trifft man lediglich auf schwache Aufwinde, dann muß weiterhin versucht werden, eine gute Fluggeschwindigkeit durch Überfliegen der angetroffenen schwachen Aufwinde im Geradeausflug zu erreichen, wobei die auf der Flugstrecke kreisenden anderen Segelflugzeuge oder Vögel beobachtet werden. Zwischen dem durchflogenen Steigen, den in einigen km Entfernung kreisenden anderen Segelflugzeugen und den sich formenden Wolken ist ein logischer Zusammenhang zu suchen. Der Pilot soll sich während des Fluges ständig die Verteilung der Aufwindgebiete vorzustellen versuchen. Eine eventuell anzutreffende starke Aufwärtsströmung ist in jedem Fall voll auszunutzen. Am zweiten Wendepunkt ist die Meldung auf einer Höhe von mehr als 1500 m, aber nicht über 1800 vorzunehmen, es sei denn, daß die Aufwärtsbewegung in außerordentlich starkem Aufwind (über 5 m/s) erfolgte.

### *Die dritte Seite und der Zielflug*

Erfolgte die Meldung am zweiten Wendepunkt in über 1500 m Höhe, so müßte der Pilot unverzüglich den Anflug des Zieles vornehmen.

Der Zielflug beruht auf dem Haushalten mit der zur Verfügung stehenden Höhe. Betrug die Höhe am zweiten Wendepunkt über 1500 m, so ist

der Anflug auf der größten Reichweite des verwendeten Flugzeugtyps durchzuführen. Man kann feststellen, daß die Reichweite der „Jaskólka“ bei Thermikflügen mindestens 20 ist, was einer Fluggeschwindigkeit von 180 km/h bei 1,5 m/s Sinkgeschwindigkeit entspricht. Sehr wichtig ist die Ausnutzung der Gebiete geringer Ab- und Aufwinde beim Anflug. Bei einer konstanten Geschwindigkeit von 108 km/h beim Durchflug eines Gebietes mit geringem Aufwind, in dem der Variometerausschlag von 1,5 auf 1,2 m/s zurückgeht, steigt die Reichweite von 20 auf 25. Daraus ergibt sich, daß eine verhältnismäßig kleine Sinkgeschwindigkeitsveränderung einer großen Reichweiteveränderung entspricht. Es ist ferner wichtig, daß der Pilot beim Flug zu jeder Zeit die ihn vom Flugplatz trennende Entfernung, ohne eine Karte zu benutzen, bestimmen kann. Beim Rekordflugversuch hat der Segelflieger meist keine Zeit, die Karte zu verwenden. Die notwendigen Berechnungen müssen im Kopf durchgeführt werden; deshalb müssen sie so einfach wie nur möglich sein. Der Pilot soll seine ganze Aufmerksamkeit der Analyse von meteorologischen Verhältnissen und dem Erkennen der Aufwindgebiete widmen.

Darüber hinaus erfordert die richtige und sichere Ausführung des Zielanfluges, vom letzten Wendepunkt aus, vom Piloten praktische Übungen des Anfluges unter verschiedenen meteorologischen Verhältnissen.

# Instrumenten- und Wolkenflug

Von Dr. LADISLAV HAZA (CSR)

Das Herz eines jeden Segelfliegers wird höher schlagen, sobald er die scharfkantigen, blumenkohlartigen Umrisse einer hochgetürmten Cumulus mit einer dunklen Grundfläche erblickt. Er weiß genau, daß ihn beim Einfliegen in die dunkle Wolkenbasis ein starker Auftrieb erfassen wird. Von seinen Fähigkeiten wird es abhängen, mit welchen Gefühlen er die Wolke „anpiekt“; ob mit einem Gefühl der Freude und der ungeduldigen Erwartung auf den bevorstehenden Kampf mit der mächtigen Naturkraft oder mit dem Gefühl einer gewissen Beklemmung und einer bestimmten Angst vor dem plötzlichen Dunkelwerden in der Kabine. Welches Gefühl nun siegen wird, hängt also in erster Linie von der Erfahrung und den Kenntnissen, aber auch von der Mentalität des einzelnen ab. Es muß jedoch ein Grundsatz für jeden Segelflieger sein, der sich im Instrumenten- und Wolkenflug schulen will, daß er die Flugzeugführung ausgezeichnet beherrscht, daß er den Flug nach den Instrumenten theoretisch meistert und ausreichend für diesen Flug vorbereitet ist, bevor er sich auf den Kampf mit den Wolken einläßt.

Die Grundlage des Wolkenfluges ist das Fliegen bei Sicht, das jeder Segelflieger, der nach den Instrumenten fliegen will, völlig beherrschen muß. Es sollte deshalb nicht einen Start oder eine Minute des Fluges geben, bei dem er nicht bemüht wäre, etwas Neues hinzuzulernen. Dem Segelflieger wird nie ein Erfolg beschieden sein – auch wenn er schon einige Hundert Flugstunden hinter sich gebracht hat – der meint, daß es für ihn nichts mehr zu erlernen gäbe.

## *Die Steuertechnik*

Schon bei den ersten Starts muß sich der Pilot bemühen, die Bewegungen mit dem Steuerknüppel so fein wie möglich auszuführen. Besonders fein müssen auch die Bewegungen des Seitenruders vorgenommen werden, denn eine grobe Benutzung hat eine bedeutende Abweichung nicht nur der Kugel, sondern auch des Pinsels des Wendezeigers zur Folge, was sich besonders störend beim Flug in den Wolken bemerkbar macht. Wir wollen es uns angewöhnen, das Segelflugzeug bei thermischem Flug mit einer möglichst geringen Anzahl von Steuerbewegungen in den Kurven auszugleichen. Es darf nicht jede kleine Bö, die auf das Segelflugzeug einwirkt, ausgeglichen

werden, denn dadurch weicht es von seiner ursprünglichen Lage ab. Durch diese schädliche Angewohnheit werden Flugzeugführer ausgebildet, die ständig den Steuerknüppel hin und her bewegen und damit der Turbulenz in der Wolke nicht standhalten können. Das dauernde Quirlen führt zur Nervosität des Flugzeugführers, der dann ständig auf der 'Lauer liegt, um den geringsten Anstoß sofort ausgleichen zu können. So kann er sich aber anderen wichtigen Tätigkeiten während des Fluges nicht mit genügender Aufmerksamkeit widmen.

Den Steuerknüppel sollten wir niemals mit allen Fingern umklammern. Das führt, besonders in kritischen Augenblicken, zu einer verkrampften Haltung, ohne dem Piloten zum Bewußtsein zu kommen. Er verliert dadurch das nötige Gefühl zum Steuern und leitet dem Steuerknüppel Bewegungen zu, die nicht von einer klaren Überlegung diktiert sind. Es ist besser, den Steuerknüppel nur mit Daumen und Mittelfinger leicht zu umschließen und sich vor Augen zu halten, daß das Segelflugzeug genau ausgetrimmt ist. Wollen wir das Flugzeug drücken, so tun wir dies nur mit dem Daumen, den wir gegen den Steuerknüppel drücken, wobei wir den Mittelfinger abheben. Im umgekehrten Fall benutzen wir dann nur den Mittelfinger und heben gleichzeitig den Daumen vom Steuerknüppel ab. Bei Benutzung der Querruder schließen wir den Steuerknüppel mit Daumen und Mittelfinger ein. Das gilt vor allem zum Ausgleichen in den Wolken, wo der Pilot leicht den vorgeäuschten Eindrücken unterliegt.

### *Flug nach den Instrumenten*

Eine weitere wichtige Grundlage für den Wolkenflug ist das Einhalten der Geschwindigkeit nach dem Gehör, denn nicht jedes Segelflugzeug ist mit einem beheizten Venturirohr ausgerüstet. Wie die Erfahrungen zeigen, verstopft diese Röhre selbst im Sommer bei einer Höhe von 3 bis 5 km mit Wasser oder friert sogar völlig zu. Es ist also besser, sich nicht auf den Geschwindigkeitsmesser verlassen zu müssen. Dies üben wir schon beim Kreisen mit Bodensicht und versuchen, das geringste Ansteigen oder Abschwächen des Fahrtgeräusches mit dem Gehör einzufangen. Hierbei beobachten wir die Nase des Segelflugzeuges zum Horizont und bemühen uns, diese Lage mit dem Ansteigen oder Abschwächen des Tones in Verbindung zu bringen sowie daraus die Geschwindigkeit des Segelflugzeuges abzuleiten. Diese Erfahrung bewährt sich im Wolkenflug, wo man sich durch das vorübergehende Ansteigen des Fahrtgeräusches nicht aus der Ruhe bringen läßt, wenn man versteht, aus diesem Ansteigen (oder Abschwächen) die ungefähre

Lage des Segelflugzeuges und damit auch die annähernde Geschwindigkeit abzuschätzen.

Schon beim Flug mit klarer Sicht muß der Flugzeugführer die Funktion und die Eigenschaften des Kompasses erlernen. Dies läßt sich bei jedem thermischen Flug üben. Wenn wir auch die kürzesten Wege von Wolke zu Wolke fliegen, sollten wir uns doch bemühen, den Kurs nach dem Kompaß einzuhalten. Wir prüfen die Bewegung des Kompasses bei der Benutzung des Seiten- oder Querruders. Beim Kreisen üben wir dasselbe und merken uns, bei welcher Neigung sich die Rose des Kompasses festsetzt und was geschieht, wenn sie wieder frei wird. Mit gleicher Genauigkeit verfolgen wir die Reaktion des Kompasses in turbulenter Atmosphäre. Weiterhin üben wir das Einschwenken des Segelflugzeugs in verschiedene Richtungen nach dem Kompaß. Auch merken wir uns, daß der Kompaß beim Einschwenken nach Nord um  $30^\circ$  zurückbleibt, nach Süd um  $30^\circ$  überdreht, während er den Kurs nach Ost und West präzise einnimmt (Abb 131).

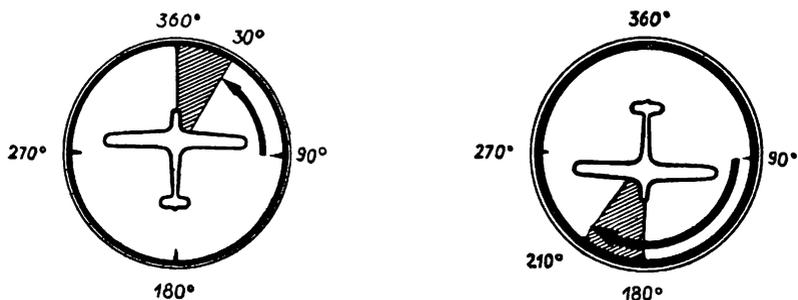


Abb. 131: Während der Kompaß beim Einschwenken auf Nordkurs um  $30^\circ$  „nachbinkt“, überdreht er beim Einschwenken auf Südkurs um  $30^\circ$

Zweck aller Übungen ist es, das Verhalten der Instrumente kennenzulernen, was in allen Phasen des Wolkenfluges besonders wichtig ist. Nur so gewinnen wir die Grundlagen für den Flug in den Wolken und das restlose Vertrauen zu den Instrumenten. Wenn die scheinbaren Eindrücke, die sich beim Blindflug immer einstellen, auf uns einwirken, ist es unmöglich, ohne dieses Vertrauen nach den Instrumenten zu fliegen.

### Die Vorbereitung zum Flug

Auf jedem Flugplatz, auf dem sich mehrere Piloten befinden, die im Instrumentenflug ausgebildet sind, sollten ein oder mehrere Segelflugzeuge aus-

schließlich für das Fliegen in den Wolken bereitgehalten werden. Sie sollten also für normale Flugprogramme nicht eingesetzt werden.

Eine ständige Aufmerksamkeit außer der Betreuung dieser Maschinen muß den Instrumenten, in erster Linie ihren Wendezeigern, gelten. Der elektrische Wendezeiger ist das einzige Instrument unserer Segelflugzeuge, das auch bei ungünstigen Verhältnissen in den Wolken noch verläßlich funktioniert. Der beste, der sich bis jetzt sehr gut bewährt hat, ist der Fünfmarken-Wendezeiger. Vor seinem Einbau ist der richtige Gang sowie die 0-Stellung des Zeigers unbedingt zu kontrollieren. Vor jedem Start muß eine frische Ersatzbatterie vorhanden sein. Ebenfalls gründlich kontrollieren wir aber auch die übrigen Instrumente. Es ist falsch, vor dem Austausch eines auch wenig beschädigten Instrumentes zurückzuschrecken.

Ist ein Atmungsgerät eingebaut, ziehen wir vor jedem Start alle Schrauben und Dichtungen nochmals fest. Wir öffnen die Sauerstoffzuleitung, um sie hierauf sofort wieder zu schließen und verfolgen die Druckminderung. Die Prüfung der Dichte des Verschlusses muß schon einige Stunden vor dem Start durchgeführt werden, denn der vom Manometer angezeigte Druck darf in zwei Stunden höchstens um 10 atm fallen; ansonsten ist das Instrument auszuwechseln. Das Prüfen des dichten Abschließens der Atemmaske wird folgendermaßen durchgeführt: Wir setzen die Maske richtig auf, verschließen mit einer Handfläche die Luftzuleitung und versuchen einzuatmen, wobei wir die Maske aus der Hand lassen. Hält die Maske durch den Sog am Gesicht fest, so ist ihre Dichte garantiert. Diese Probe ist für uns sehr wichtig, um später bei der Benutzung keine falsche Luft mit einzuatmen.

Als Kopfhäube verwenden wir stets eine solche, die trotz Benutzung einer Maske die Ohren freiläßt, damit das Gehör nicht gemindert wird. Es ist nicht ratsam, ohne Kopfhäube zu fliegen, da es möglich sein kann, daß die Kabinenverglasung durch aufschlagende Graupel entzweigt.

Bei Wolkenflügen gebrauchen wir warme, hohe Stiefel mit starker Sohle, eine mit Lammfell gefütterte Kombination, warme, weiche Handschuhe und vergessen niemals, eine Brille mitzunehmen, die die Augen vor dem Blenden und vor der Einwirkung ultravioletter Strahlen schützt. Als Navigationshilfsmittel legen wir uns eine Umgebungskarte des Flugplatzes, ein Heftchen für Navigationseintragungen und die Tafel mit den Leistungsdaten unseres Flugzeuges bereit. Alles sollten wir bereits am Morgen des Starttages in unserem Vogel verstauen, mit dem Anziehen der warmen Kleidung aber bis kurz vor dem Start warten.

## *Das Fliegen in den Wolken*

Ohne Fallschirm und Wendezeiger sollten wir nie in die Wolken vorstoßen. Für die ersten Flüge in den Wolken wählen wir uns niedrige Cumuluswolken aus, die einen Durchmesser von etwa 1 bis 2 km haben. Wir vermeiden anfangs noch die mächtigen Gewitterwolken; obzwar wir in deren starken Auftrieb schnell und leicht die günstigsten Flugverhältnisse erreichen würden. Sicher ist, daß man beim ersten Mal von der Vielfältigkeit dieser Eindrücke überwältigt werden kann und dann leicht die Macht über das Segelflugzeug verliert. Gerade dieser Fall hat schon vielen Segelfliegern das Selbstvertrauen genommen und damit auch das Verlangen, neue Wolkenflüge durchzuführen. Gehen wir aber systematisch daran, die Wolken von der niedrigsten bis zur höchsten Cumulus zu erobern, so wird sich unsere Sicherheit fortlaufend steigern, so daß wir später auch den Gefahren einer Gewitterwolke begegnen werden.

Vor dem Start stellen wir, soweit es möglich ist, den Kurs und die Geschwindigkeit der Wolken fest und schreiben dies sowie den Gegenkurs, um 180° gedreht, in unser Merkbuch ein. Sobald wir uns der Grundfläche der Wolke nähern, schalten wir den Wendezeiger an. Wir kontrollieren nochmals, ob er richtig gepolt ist und welche Abweichung er bei der gerade eingehaltenen Querlage anzeigt. Wir müssen allerdings schon früher festgestellt haben, welche Schräglage die Maschine einnimmt, wenn der Pinsel des Wendezeigers, ohne jedoch anzustoßen, den höchsten Ausschlag zeigt. Am Anfang wählt man die Kurve so, daß der Zeiger zwischen der ersten und der zweiten Marke steht, später, wenn man eine größere Praxis hat, hält man den Zeiger auf der zweiten Marke (Abb. 132a, b, c). Ist dies geschehen, so trimmt man das Segelflugzeug genau aus.

Die Geschwindigkeit des Segelfluggzeuges versuchen wir, wie bereits betont, nur nach dem Gehör einzuhalten. Wir müssen allerdings berücksichtigen, daß sich die Stärke des Fahrtgeräusches begrifflicherweise im Regen, im Schnee oder starken Graupeln ändert. Außer bei großen Graupeln läßt sich die Geschwindigkeit in jedem Falle nach dem Geräusch einhalten.

Es kann auch bei längerer Praxis geschehen, daß die richtige Geschwindigkeit beim Flug nach den Instrumenten plötzlich nicht mehr eingehalten wird. Es kostet dann sehr viel Arbeit, das Segelflugzeug wieder auf die normale Fahrt zu bringen. Man darf sich keiner Panikstimmung hingeben, wenn es plötzlich stark rauscht oder es auf einmal ganz still wird. Nur ruhig und systematisch läßt sich die „Kiste“ wieder in ihre richtige Lage zurückführen. Meist ist der oben beschriebene Vorgang auf zwei Fälle zurückzuführen.

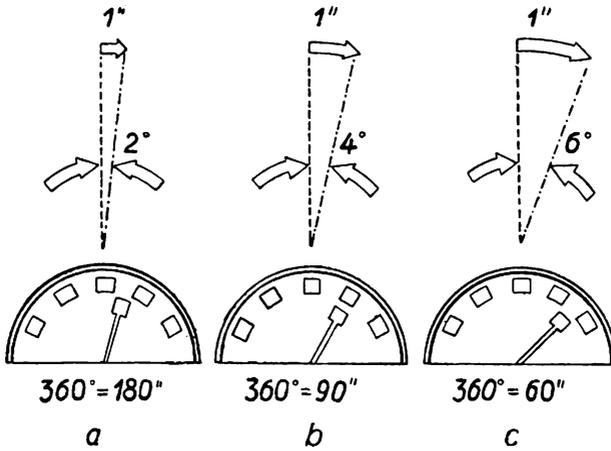


Abb. 132: An dem „Pinsel“-Ausschlag des Wendezweigers kann man die Kreisgeschwindigkeit des Flugzeuges erkennen

- a) Das Flugzeug dreht mit zwei Grad je Sekunde; für einen Vollkreis werden  $180\text{ s} = 3\text{ min}$  benötigt
- b) Das Flugzeug dreht mit vier Grad je Sekunde; für einen Vollkreis werden  $90\text{ s} = 1,5\text{ min}$  benötigt
- c) Das Flugzeug dreht mit sechs Grad je Sekunde; für einen Vollkreis werden  $60\text{ s} = 1\text{ min}$  benötigt

Der erste ist, daß das Segelflugzeug beim selbständigen Übergang in das Trudeln Fahrt aufholt. Die Geschwindigkeit wird hierbei ständig größer. Im zweiten Fall wird das Flugzeug mit unbedeutender Schräglage überzogen, es holt anschließend selbst Fahrt auf, worauf wieder ein Überziehen anschließt und dann wieder ein Fallen erfolgt; das Geräusch des Seglers schwankt also ständig zwischen Lautlosigkeit und starkem Pfeifen.

Der erste Fall tritt öfter ein. Hierzu kommt es, wenn der Pilot das Flugzeug unter der Wolke im Kreisen ausgeglichen hat. Wenn er nun die Grundfläche der Wolke durchfliegt und im Steigen begriffen ist, ist er der Meinung, jetzt nichts mehr tun zu dürfen, um das Steigen nicht zu unterbrechen. Das Segelflugzeug verharrt aber in diesem Zustand meist nur gewisse Zeit und fängt dann an zu trudeln. Da der Wendezweiger hierbei einen gleichmäßigen Ausschlag anzeigt, wird jeder weniger erfahrene Flugzeugführer bei dem stärkeren Fahrtgeräusch meinen, daß die Nase seines Segelflugzeuges bei ständig gleicher Querlage lediglich unter den Horizont geriet. Er wird dann versuchen, die Geschwindigkeit durch Ziehen zu verringern. Auf diese Tätigkeit reagiert das Flugzeug aber mit weiterer Erhöhung der

Geschwindigkeit. Dieser Zustand endet meist so, daß der ansonsten brave Sperrholzvogel mit großer Geschwindigkeit aus der Wolke herausstößt. Die Ursache dafür ist, daß das Segelflugzeug beim Kreisen in der Wolke langsam seine Schräglage ohne entsprechende Fahrtzunahme vergrößert, was der Flugzeugführer in den meisten Fällen nicht bemerkt. Dann kippt die Nase des Flugzeuges unter den Horizont und das Trudeln beginnt, wobei sich die Geschwindigkeit natürlich erhöht. In diesem Fall muß man also die Schräglage verringern oder, was am Anfang besser ist, alle Ruder normal nehmen, bis der Wendezeiger wieder in Mittellage ist.

Es wäre nun noch etwas über die ausgleichenden Steuerbewegungen zu sagen. Bei der Benutzung des Querruders dürfen wir niemals eine Doppelbewegung mit dem Steuerknüppel durchführen. Wir stützen vielmehr unsere Hand an das Knie und bewegen langsam den Steuerknüppel in die Richtung, die das Segelflugzeug wieder in die normale Kurvenlage zurückbringt (Abb. 133). Sehr wichtig ist es, dabei nicht unbewußt zu überziehen oder zu drücken. Wir dürfen uns keinesfalls durch das veränderte Fahrtgeräusch aus der Ruhe bringen lassen, sondern führen zunächst die Querruderbewegungen völlig zu Ende. Erst nachdem der Zeiger sich der Mitte genähert

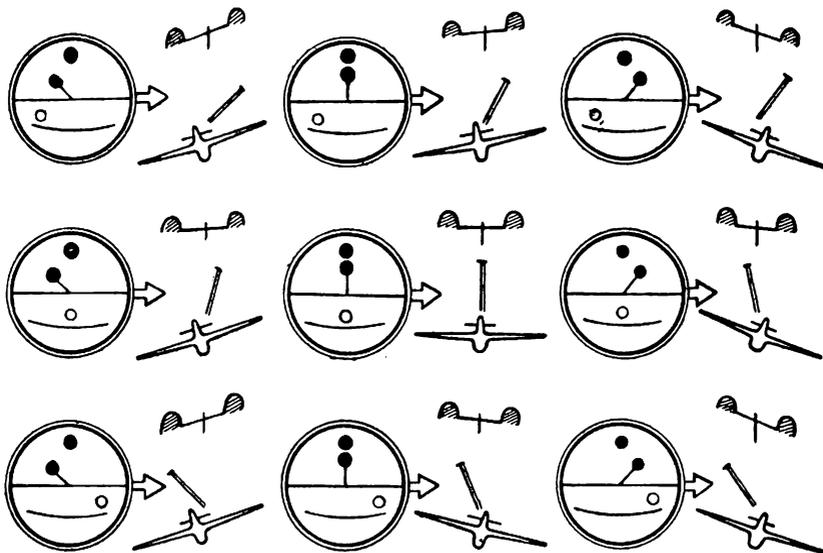


Abb. 133: Steuerknüppel- und Pedalbetätigung, um bei gegebener Anzeige des Wendezeigers das Flugzeug in die Normallage bzw. in normale Kurvenlage zurückzuführen

hat, gleichen wir die Geschwindigkeit nach dem Gehör oder nach dem Variometer, am besten nach beiden, aus. Eine höhere Geschwindigkeit erreichen wir im Kurvenflug, indem wir das Höhensteuer anziehen. Im Augenblick des Ziehens zeigt das Variometer einige Meter Fallen. Nach dem Ziehen kann sich das Fallen noch ein wenig erhöhen, aber anschließend wird der Zeiger des Variometers auf Null zurückgehen. In dem Augenblick, in dem sich der Zeiger nach der Null hin bewegt, drücken wir leicht. Das Drücken muß unbedingt in dem Moment geschehen, in dem der Zeiger des Variometers noch ein Sinken anzeigt. Wenn wir erst dann drücken würden, wenn der Zeiger bereits die Null erreicht hat, wäre es schon zu spät, denn unser Flugzeug käme wieder in eine überzogene Lage. Anschließend wird die Geschwindigkeit nach dem Gehör kontrolliert. Fliegen wir jetzt noch immer mit erhöhter Fahrt, so wiederholen wir dieses Manöver noch ein- oder zweimal. Die gleiche Art des Ausgleiches der Geschwindigkeit benutzen wir, wenn das Segelflugzeug mit zu geringer Geschwindigkeit fliegt. Das ist dann der Fall, wenn der Knüppel beim Kurvenflug mit schwacher Schräglage gezogen wird. Die Geschwindigkeit des Flugzeuges verringert sich dann ständig, was durch die Verminderung des Geräusches zu erkennen ist. Würde der Pilot weiterhin ziehen, so würde das Segelflugzeug in die Kurve fallen. Die Stille in der Kabine wird dabei plötzlich durch ein schnell ansteigendes Geräusch abgelöst. Gleichzeitig spüren wir, daß wir im Sitz hochgehen und anschließend wieder durch die

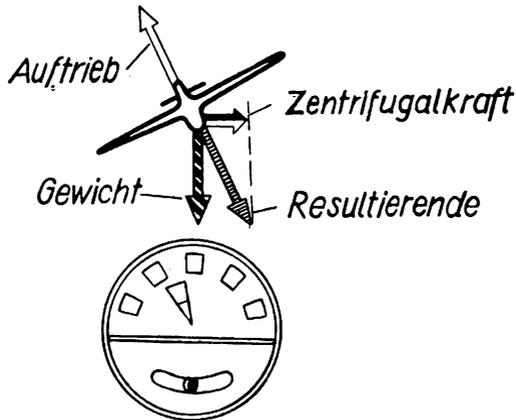


Abb. 134 a: Das Flugzeug hat bei gegebener Schräglage die richtige Fahrt. Der Auftrieb und die Resultierende aus Gewicht und Zentrifugalkraft gleichen sich aus

Schultergurte zurückgerissen werden. Der Wendezeiger fällt bis zum Anschlag auf die Seite, nach der das Segelflugzeug in die Kurve gefallen ist und die Kugel geht auf die entgegengesetzte Seite. Uns bleibt nichts weiter zu tun, als den Vogel mit dem Querruder aufzurichten und die Geschwindigkeit wie oben beschrieben auszugleichen (Abb. 134 a, b, c).

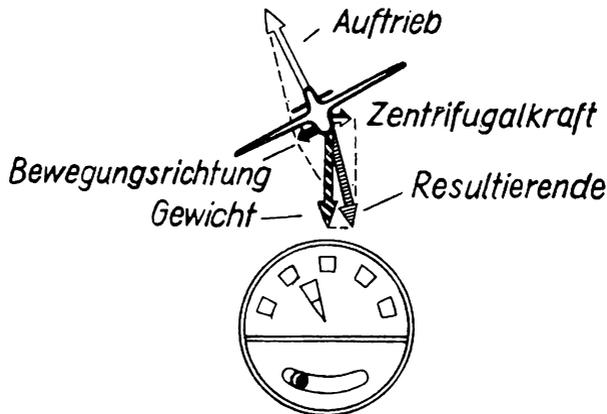


Abb. 134 b: Das Flugzeug „schmiert“, es hat bei gegebener Schräglage zu wenig Fahrt. Die Resultierende (Kurvengewicht) ist nicht dem Auftrieb entgegengesetzt, sondern demgegenüber nach innen gerichtet.

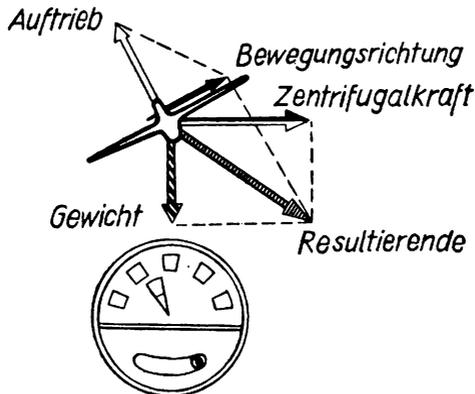


Abb. 134 c: Das Flugzeug „schiebt“, es hat bei gegebener Schräglage zu viel Fahrt. Die Resultierende (Kurvengewicht) ist nicht dem Auftrieb entgegengesetzt, sondern demgegenüber nach außen gerichtet.

Merken wir uns noch, daß es bei Querruderbewegungen im Wolkenflug immer vorteilhaft ist, die Hand an das rechte Bein anzulehnen. Selbstverständlich setzt das voraus, daß beide Füße in Ruhestellung sind. Durch diese Unterstützung können wir Größe und Richtung der Bewegung des Steuerknüppels besser kontrollieren. Bei Benutzung des Seitenruders sollten wir nur die feine Bewegung des Vorderfußes anwenden und die Ferse am Boden lassen.

In allen Fällen, in denen wir uns aber in den Wolken keinen Rat mehr wissen, ziehen wir leicht die Sturzflugbremsen (Vorsicht bei höherer Geschwindigkeit!) und versuchen, im Geradeausflug die Wolke zu verlassen.

## Höhenflüge in Gewitterwolken

Von A. ZIENTEK (Volksrepublik Polen)

Spitzenleistungen im Höhenflug sind im Segelflug einer der Maßstäbe des technischen Fortschritts. In den Anfängen des Segelflugsports, als das Hangsegeln die Grundlage des Leistungsfliegens war, beschränkten sich die Höhenrekorde auf einige hundert Meter. Die Entdeckung und Ausnutzung der thermischen Strömungen ließ die Flughöhen auf 2000 bis 3000 m ansteigen. Eine noch größere Umwälzung brachte die Beherrschung der Flüge in Haufenwolken (bis etwa 4000 m) und in Gewitterwolken (bis 9000 m, im tropischen Klima noch höher). Der jüngste Zweig des Segelflug-Leistungssports, das Fliegen auf den Leewellen, eröffnete schließlich die Perspektive des Stratosphären-Segelfluges.

Bei Wellenflügen sind größere Erfolge nur in einigen Gegenden und unter genau bestimmten meteorologischen Verhältnissen, die im Prinzip nicht in der Hauptsegelflugsaison auftreten, möglich.

Dagegen sind ausgeprägte Cumuluswolken und thermische Gewitter eine auf der ganzen Erdkugel alltägliche Erscheinung. Sie treten meistens in den für den Segelflugsport günstigsten Sommermonaten auf. Aus dem Grunde blieben und bleiben die Flüge in Congestus- und Gewitterwolken die Grundlage zur Erreichung von Höhenleistungen. Der Kampf mit dem Gewitter ist keine leichte Aufgabe. Wenn die Kenntnisse des Piloten, dessen Taktik und das verwendete Gerät den Aufgaben nicht gewachsen sind, kann der Flug mit einem Mißerfolg oder sogar mit einer Niederlage enden. Verschiedene Vorfälle haben den Gewitterflügen den Ruf risikoverbundener Unternehmen eingebracht; es wurden sogar Stimmen laut, solche Flüge zu unterbinden.

Im Laufe der Zeit stellte es sich heraus, daß die mit einem derartigen Flug verbundenen Schwierigkeiten durch gute Vorbereitung des Segelflugzeuges und des Piloten sowie durch die Anwendung der richtigen, auf der Kenntnis der Gewittererscheinungen fußenden Taktik bewältigt und die Gefahren bis zur Grenze eines normalen sportlichen Risikos vermindert werden können. Als Beweis dafür können die Erfolge der polnischen Piloten in den Höhenkonkurrenzen bei der VIII. Landes-Segelflugveranstaltung in Inowroclaw im Jahre 1951 angeführt werden. Im Verlauf von zwei gewittrigen Tagen haben von 20 Piloten 12 für die Überschreitung der 5000 m Höhe Diamanten bekommen, davon überschritten vier die 6000-m-Grenze. Trotz

der großen Gewitteraktivität kam es zu keinerlei kritischen Situationen oder ernstlichen Vorfällen.

### *Die Gewitterwolke lebt*

Haufenwolken mit starker senkrechter Ausbildung – Cu con (Cumulus congestus) sowie Cb (Cumulonimbus) und Wärmegewitter – sind richtige thermodynamische Maschinen, in denen sich die mechanische Energie der Luftmassen mit labilem Gleichgewicht in die mechanische Energie der senkrechten Luftströmungen umwandelt. Die Leistung einer Wolke erreicht viele Tausend PS, wovon kaum ein Bruchteil durch das Kreisen mit dem Segelflugzeug im Aufwindbereich ausgenutzt werden kann. Auf den Abbildungen 135a bis 135d sind die einzelnen Lebensphasen einer solchen Wolke dargestellt.

Zunächst ist hier der bodennahe thermische Impuls vorhanden (Abb. 135a), der den Beginn eines regelmäßigen thermischen Schlauches darstellt. Die Aufwindgeschwindigkeit beträgt in diesem Fall 2 bis 4 m/s. In dem Augenblick, in welchem die Aufwindströmung die Höhe des Kondensationsniveaus erreicht, geht der Wasserdampf in Tropfenform über, und es bildet sich die Haufenwolke Cu (Abb. 135b). Unter Einfluß der freigewordenen Energie des kondensierten Wasserdampfes erfolgt eine wesentliche Verstärkung der aufsteigenden Strömungen, und die ganze Erscheinung wird heftiger und zieht eine intensive Erweiterung der Wolke, besonders in senkrechter Richtung nach sich. Auf diese Weise entsteht die Cu con (Abb. 135). Die Geschwindigkeit der Aufwindströmungen erreicht im Inneren einer hochgetürmten Haufenwolke Werte von 5 bis 15 m/s. Neben den Aufwinden trifft man auch Abwindströmungen an, jedoch sind ihre Geschwindigkeit wie auch ihre Ausdehnung wesentlich geringer. Es ist also von Wert, sich zu merken, daß während der Periode der schnellen Zunahme der Cu-con-Wolke die Aufwinde die dominierende Art der senkrechten Strömungen sind.

Reicht die Atmosphärenschicht mit labilem Gleichgewicht genügend hoch, so überschreitet der Gipfelpunkt der sich ausbauenden Wolke frühzeitig die Höhe der Nullisotherme ( $0^{\circ}$  C), die sich im mitteleuropäischen Klima in einer Höhe von etwa 3000 bis 5000 m (in Sommermonaten) befindet. Über diesem Niveau setzt sich die Wolke aus unterkühlten Wassertropfen zusammen, die durch aufsteigende Strömungen weiter nach oben befördert werden. Die Wassertropfen verbinden sich, bilden große und schwere Tropfen, die nun an Stellen, an denen nicht genügend starke Aufwärts-

strömungen vorhanden sind, aus der Wolke herauszufallen beginnen. Die Wolke geht nun in eine Cb (Abb. 135) über. In dieser Etappe werden die aufsteigenden Strömungen unter der Wolkenbasis meistens schwächer, in der Wolke dagegen heftiger, wobei sie Geschwindigkeiten bis zu 30 und sogar 50 m/s erreichen. Der aufsteigende Strom ist meistens ruhig, außer in den Flankenteilen, wo unter Einfluß der nahen Abwärtsströmungen eine außergewöhnlich heftige Turbulenz auftritt.

Unter der Zone der stärksten aufsteigenden Strömungen fallen aus der Wolke lediglich wenige dicke Tropfen. Das Gebiet des dichten Regengusses, das sich meistens an der Rückseite des Gewitters befindet, zeugt von geringer Aufwindaktivität in diesen Wolkenpartien oder sogar von Abwinden.

Inzwischen kommen die untergeköhlten Wassertropfen in den höher gelegenen Wolkenpartien mit den sogenannten Eiskernen in Form von feinen Eiskristallen in Berührung und erstarren auf ihrer Oberfläche. Es bilden sich Graupel, die durch Volumenzunahme schwerer werden und demzufolge in die tieferen Wolkenbereiche fallen. Ein Teil der niedergehenden Graupel

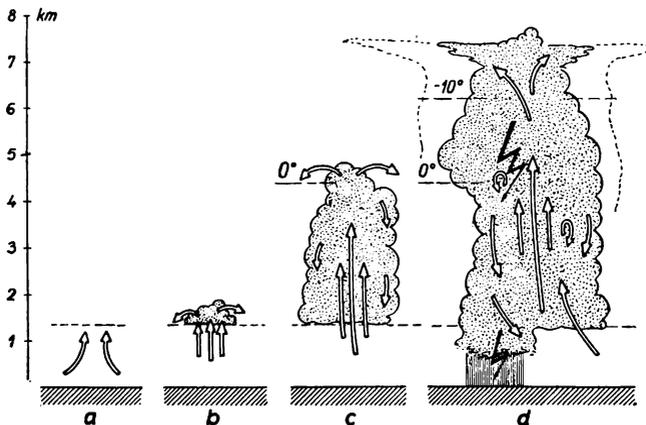


Abb. 135

- a) Der bodennahe thermische Impuls
- b) Das Anfangsstadium einer Haufenwolke
- c) Durch Verstärkung der aufsteigenden Strömung bildet sich die Cu-cong-Wolke
- d) Bei genügend labilem Gleichgewicht wird die Höhe der Nullisotherme überschritten. Es kommt zur Cb-Bildung

trifft auf stärkere Aufwinde und beginnt wiederum aufzusteigen. Diese Erscheinung kann mehrere Male auftreten. Je länger die senkrechte Zirkulation der Hagelkörner in der Wolke andauert, desto größer werden sie. In sehr intensiven Gewittern kann der Hagelkorndurchmesser mehrere Zentimeter erreichen. Beim Niedergehen auf die Erde werden sie jedoch durch die erdnahe Warmluft abgeschmolzen, so daß ihre Abmessungen, bevor sie die Erde erreichen, kleiner werden. Es ist von Wert, sich zu merken, daß der Durchmesser der Hagelkörner in der Wolke größer ist als der Durchmesser der auf die Erde gelangenden Körner.

In enger Verbindung mit der Hagelbildung steht das Auftreten von mächtigen elektrostatischen, positiven und negativen Ladungen im Wolkenbereich. Dies führt zur Entladung zwischen den einzelnen Wolkenpartien, zwischen der Wolke und der Erde sowie zwischen den benachbarten Wolken. Die Cb-Wolke mit elektrischer Entladung wird das thermische oder Wärmegewitter genannt.

In der Endphase der Entwicklung des Wärmegewitters nimmt der Gipfel der Wolke die charakteristische Form eines „Ambosses“ an, der aus kristallinischem Eisstaub besteht. Die senkrechte Entwicklung der Wolke wird abgebremst, dagegen erfolgt eine rasche Ausbreitung der unteren Wolkenpartien mit Teilung in mehrere Aufwind-, Abwind- und Turbulenzonen. Die niedergehenden Strömungen beherrschen schließlich das gesamte Wolkeninnere; die Wolke zerfällt allmählich und hinterläßt am Himmel eine Cirrostratus-Schicht, als Restgestalt eines verwaschenen Gewitterambosses.

#### *Das Gewitter muß besiegt werden*

Alle angeführten Erscheinungen beeinflussen auf ihre Art die Flugbedingungen in der Wolke. Von grundsätzlicher Bedeutung ist das Vorhandensein von starken Aufwindgebieten in der Wolke. Sie haben die Form senkrechter Säulen; es liegt also nahe, zu ihrer Ausnutzung die von den Thermikflügeln her bekannte Technik des Kreisens anzuwenden. Die Ausdehnung der Aufwindgebiete kann sehr unterschiedlich sein. In schmalen und hohen Wolken verbleibt das Segelflugzeug nur durch enges Kreisen im Aufwindfeld. In stark entwickelten Cb kommt es vor, daß man mehrere Minuten im Gleitflug fliegen und dabei steigen kann.

Durch richtiges Auszentrieren eines tragenden Feldes werden meistens ruhige Flugbedingungen gesichert, obwohl die Vertikalgeschwindigkeit unterschiedlich sein kann. Große Schwierigkeiten zieht dagegen das unzen-

trische Kreisen nach sich, bei dem die Steiggeschwindigkeit sich zyklisch und in bedeutenden Grenzen ändert. Es kann vorkommen, daß das Segelflugzeug auf einem Kreisabschnitt steigt und auf dem folgenden sinkt. Am anstrengendsten ist der Flug im Turbulenzbereich zwischen den Auf- und Abwindgebieten, bei dem das Halten des Segelflugzeugs in richtiger Lage beachtliches Können im Blindflug erfordert, und trotzdem bleibt dies in gewissem Maße eine Frage des Zufalls.

Wie ist nun die Zone des Aufwindes zu erreichen? In der Mehrzahl der Fälle gelangt man von unten in die Wolke. Zu dem Zweck genügt es, den Aufwind gut auszuzentrieren und nach Annäherung an die Basis die Blindfluginstrumente (Wendezeiger, Horizont) einzuschalten. Bei der Cu-con-Wolke sind die dunkelsten Partien meist die vorteilhaftesten. Beim Übergang der Wolke in Cb sind die Regenzone zu meiden, da die Wolkenbasis örtlich absinkt (Abb. 135 d). Der Niederschlag zeugt nämlich davon, daß die Wolke nicht in der Lage ist, die Regentropfen über dem gegebenen Gebiet aufzuhalten, da hier schwächere Aufwinde herrschen.

Der Aufwind unter einer frischen Cu-con-Wolke kann bereits von einer geringen Höhe über der Erde ausgenutzt werden. In den späteren Entwicklungsphasen empfiehlt es sich, beim Anflug der Wolke eine weitgehende Vorsicht zu üben. Hier gilt der Grundsatz: je älter die Wolke, desto schwächer die Aufwinde unter ihr, und desto schwieriger sind sie aufzufinden. Es kommt vor, daß das Segelflugzeug die Wolkenbasis nach langem Kreisen unter ihr in Restaufwinden erreicht und erst in der Wolke sich die Verhältnisse schnell bessern. Dies ist bei der Wahl der Ausklinkhöhe bzw. beim Anflug einer Wolke zu beachten.

Möglich ist auch das Hineingehen in die Wolke von der Seite her, und zwar dann, wenn sich das Segelflugzeug in einer größeren Höhe als die Wolkenbasis befindet (z. B. nach dem Ausnutzen und Verlassen einer anderen Wolke). In einem solchen Falle wird die Lage der günstigsten Aufwindzone auf Grund der Wolkenform von der Seitenansicht her beurteilt. Ist die Wolke verhältnismäßig frisch, so wird in Richtung des höchsten „Turmes“ gesteuert. Im späteren Entwicklungsstadium ist es oft vorteilhafter, eines der niedrigen, dafür aber frischeren Wolkenfragmente, das erst in Entwicklung begriffen ist, zu wählen.

Die Anflugrichtung zur Aufwindzone über der Wolkenbasis wird vor dem Sichtverlust festgelegt. Dann muß angestrebt werden, den gewählten Kurs zu halten. Dem Aufwind gehen gewöhnlich Abwind- und Turbulenzonen voraus, wobei der Übergang selbst (zum Aufwind) recht plötzlich erfolgt.

Mit dem Kreisen ist jedoch dann zu beginnen, wenn sich die Flugverhältnisse etwas beruhigen, wobei man sich von der Turbulenzzone weiter entfernt. Andererseits ist es wiederum gut, zum Kreisen überzugehen, ehe der Variometerzeiger zum Stillstand kommt.

Das Hauptmerkmal des Wolkenaufwindes ist seine enorme Geschwindigkeit. Man muß sich vergegenwärtigen, daß bei Aufwindgeschwindigkeiten von etwa 20 m/s, die in Gewitterwolken üblich sind, die Flugbahn des Segelflugzeuges eine Neigung zur Waagerechten von etwa 45° besitzt. Bei einem Kreise werden mehrere hundert Meter an Höhe gewonnen. Die Wirkung dieses Eindrucks wird durch den Einfluß der meteorologischen Erscheinungen (wie Niederschläge) der Vereisung und der elektrostatischen Entladung noch gesteigert. Im Segelflugsport ist man gewöhnt, sich die Führung des Segelflugzeuges durch Sinneswahrnehmungen zu erleichtern. Hierzu zählen u. a. die Gehörempfindungen. Diese Empfindungen werden – bewußt oder unbewußt – zur Kontrolle der richtigen Fluggeschwindigkeit genutzt. Dieser günstige Umstand versagt allerdings in der Niederschlagszone, da die Wassertropfen oder Hagelkörner beim Aufprall auf die Oberfläche des Segelflugzeuges ein Geräusch verursachen, das alle anderen Laute übertönt. (Ich will dabei nicht die deprimierende Einwirkung auf den Piloten erwähnen.) Die Situation wird zusehends schlechter, wenn der Geschwindigkeitsmesser durch Regeneinwirkung\*) oder Vereisung der Düse ausfällt. Nun ist die Geschwindigkeitskontrolle nur auf indirektem Wege – mit Hilfe des Längs-Neigungsmessers oder des künstlichen Horizonts – möglich. Ist die Aufwindgeschwindigkeit bestimmt, so kann ein erfahrener Pilot aus den Steigtendenzen des Variometers auf die Veränderungen der Fluggeschwindigkeit schließen, da das Variometer beim Ziehen des Höhenruders nach oben und beim Drücken nach unten ausschlägt. So oder so, das Einhalten der richtigen Geschwindigkeit beim Gewitterflug und bei Ausfall von Instrumenten ist keine leichte Aufgabe. Auch bei den besten Piloten kommt es vor, daß ernsthafte Störungen auftreten, die zum zeitweiligen Unterbrechen des Kreisens führen. Das wiederholte Beruhigen der Maschine kann durch Öffnen der Bremsklappen, die die Empfindlichkeit des Segelflugzeuges verringern, erleichtert werden.

Die Bedeutung des Hagels beim Gewitterflug beschränkt sich nicht nur auf Geräuscheffekte. Es sind Fälle bekannt, bei denen grober Hagel die Flügel

---

\*) Unter Einwirkung des lang andauernden und intensiven Regens kann das Wasser in das Innere des Geschwindigkeitsmessers oder Variometers eindringen, da einige Typen dieser Geräte bei Anzeigeveränderungen das Wasser aus den Leitungen ansaugen

und Kanzel durchlöcherte und dann den Piloten gefährdete. Die Bruchgefahr des Segelflugzeugs steigt mit zunehmender Fluggeschwindigkeit, wenn z. B. der Pilot die Herrschaft über die Maschine verliert und ungewollt Kunstflugfiguren ausführt.

In dem Moment, in welchem das Segelflugzeug in die Zone der unterkühlten Wassertropfen eindringt, werden seine Flächen zu Sublimationskeimen, und es folgt eine schnelle Vereisung. Die größte Intensität dieser Erscheinung tritt im Temperaturbereich von 0 bis etwa 10° auf, was einer Zone von etwa 1800 m Dicke entspricht. Je schneller ein Segelflugzeug in der Vereisungszone steigt, desto weniger Eis bleibt auf den Flächen haften. Am stärksten vereisen die Nasenbepunktungen der Flügel und Ruder, die Vorderteile des Rumpfes, die Kanzel, die Fartmesserdüse u. ä. An diesen Stellen wurden schon Eisschichten bis 5 cm Dicke festgestellt.

Die Vereisung verursacht eine Gewichtszunahme und geringe Gleichgewichtsveränderungen des Segelflugzeugs, was allerdings keine größere Bedeutung für den Weiterflug hat. Die Verschlechterung der Sichtverhältnisse aus der Kanzel und der aerodynamischen Eigenschaften des Segelflugzeugs sind keine Hindernisse für den Höhenflug, insbesondere nicht, wenn es nicht beabsichtigt ist, die Höhe für Streckenflüge auszunutzen. Die Gefahr liegt jedoch im möglichen Blockieren der Ruder und Klappen sowie des Abwurfmechanismus der Kabinenhaube. Besonders empfindlich für Vereisung sind Spalt-Querruder sowie Querruder mit Innenausgleich (in Form eines Auslegers mit Gewicht, der zum Teil oder gänzlich im Flügel untergebracht ist). Beim Flug unter solchen Bedingungen ist also stets die Gängigkeit der Ruder zu kontrollieren. Beim Blockieren ist das Steigen zu unterbrechen und die Wolke zu verlassen. Um die Einsatzbereitschaft der Bremsklappen aufrechtzuerhalten, sind sie von Zeit zu Zeit auszufahren. Dadurch brechen sie die in den Spalten festsitzenden Eisschichten aus.

Die Bekämpfung der Vereisung z. B. durch Bestreichen der Flügel mit verschiedenen Substanzen (z. B. Glykol) vor dem Flug ergab keine zufriedenstellenden Ergebnisse und führte zur Beschädigung der Lackschicht. Die wirksamste Art, um die Vereisung in tragbaren Grenzen zu halten, ist das möglichst schnelle Durchstoßen der kritischen Höhenzone. In verschiedenen Fällen trug der Hagel durch den Aufprall auf die Flächen des Segelflugzeugs zur Verringerung der Eisschicht, insbesondere an den Anblaskanten, bei. Höchst unberechenbare Faktoren, mit denen sich der Pilot beim Wolkenflug plagen muß, sind die elektrostatistischen Entladungen, deren Intensität und Charakter verschieden sein können.

Die elektrostatischen Entladungen können sowohl auf den Segelflugzeugteilen (z. B. durch Reibung an der Luft und elektrisierte Niederschlagsteilchen) als auch durch Einfluß (Influenz) der Umgebung mit starkem Potentialgradient als stetige Erscheinungen auftreten. Unter Einfluß der so entstandenen Ladungen kann es zu Entladungen zwischen verschiedenen, nicht in metallischer Verbindung stehenden Segelflugzeugteilen kommen. In der Kanzel, an allen Spitzen, sogar in den Fingerspitzen des Piloten erscheinen dann charakteristische leuchtende Bündel. Das zufällige Berühren von Metallgegenständen, die nicht fest mit dem Körper des Piloten verbunden sind, kann dann sehr unangenehme, obwohl für die Gesundheit nicht schädliche Entladungen verursachen.

Gefährlicher in seinen Auswirkungen ist der plötzlich am Segelflugzeug auftretende Stromdurchfluß durch Induktion, der durch Blitzschlag in der Umgebung oder in das Segelflugzeug direkt auftritt. Solche Ströme sind um ein Mehrfaches stärker, aber solange sie auf ihrem Weg keinen Widerstand finden, verursachen sie keinen Schaden. Gefährlich sind jegliche isolierte Metallmassen und Punkte der lokalen Widerstandsvergrößerung. In einem Fall wurde so das Querruder durch Entladung zwischen dem in ihm eingebauten Ausgleichsgewicht und dem Querruderantrieb zerschmettert. Das zweite Ruder wurde in gleicher Weise zerstört. Der Vorfall fand sein glückliches Ende durch Verlassen der Wolke und Landung ohne Querruder. In Antriebsverbindungen, in Kugellagern u. ä. kann unter Einfluß des verstärkten Widerstandes ein lokaler Lichtbogen entstehen, der diese Elemente durchschmort oder schmilzt. Das Segelflugzeug kann dadurch für die Fortsetzung des Fluges unbrauchbar werden, obwohl seine Konstruktion nicht zerstört wurde.

Die Auswirkung der Entladungen am Segelflugzeug sowie ihr Einfluß auf den Piloten kann wesentlich verringert werden, wenn die einzelnen Metallteile, am besten mit Hilfe von Kupfergeflechten, gut verbunden werden. Die so entstandene Blitzschutzanlage vervollständigen noch Zerstreuungsbürsten, die an den Flügel- und Ruderenden angebracht werden. Solche aus graphitierten Fasern hergestellten Bürsten wirken wie ein Bündel Spitzen, so daß die Ladungen in die Atmosphäre entweichen können. Die graphitierten Bürsten haben den Vorteil, daß sie durch die Blitzeinwirkung lediglich kürzer werden, dagegen Metallbürsten abschmelzen und an den Enden kugelförmige Verdickungen bilden.

Es sei weiterhin erwähnt, daß das Segelflugzeug in den höheren Wolkenpartien erheblichen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ausgesetzt ist.

Demzufolge treten hier intensive Wärmeschrumpfungen auf, und weil verschiedene Werkstoffe unterschiedliche Dehnungskoeffizienten besitzen, entstehen in einigen Elementen des Segelflugzeugs große Spannungen. Am meisten wird dies bei den Seilzügen spürbar. Die Spannungen können sogar so weit gehen, daß der gesamte Antrieb (z. B. der Bremsklappen) außer Betrieb gesetzt wird. Die Spannungen im Glas der Kanzel können die Festigkeit dieses Materials derart vermindern, daß es unter Einfluß der Hagelschläge, insbesondere in der Nähe von Niet- und Schraubenlöchern, springt.

Wie fühlt sich nun der Mensch, dessen Segelflugzeug ihn innerhalb von wenigen Minuten in die Zone des strengen Frostes gehoben hat? Es ist ja kaum denkbar, daß bei der Julihitze ein dicker Pelz angezogen wird . . .

Glücklicherweise ist dies überflüssig. Die Mehrzahl der Piloten stellt nämlich fest, daß der Aufstieg so schnell erfolgt, daß das Kanzelinnere während dieser Zeit sich nicht übermäßig abkühlen kann, wenn sie genügend dicht ist. Das intensive „Knüppeln“ beim Gewitterflug macht ohnehin warm. Es genügt also eine gewöhnliche Sportkleidung oder eine Kombination.

#### *Die Technik als Verbündete des Segelfliegers*

Aus dem, was bereits über die Flugbedingungen in einer Gewitterwolke gesagt wurde, können bezüglich der Forderungen, die ein solcher Flug an die Konstruktion und Ausrüstung des Segelflugzeugs stellt, einige Schlußfolgerungen gezogen werden. Das Segelflugzeug muß die heftigsten Winde und schließlich sogar ungewollten Kunstflug in der Wolke vertragen. Es muß eine Blitzschutzanlage besitzen. Die Steuerungselemente dürfen unter Einfluß der Vereisung nicht blockieren. Das Steuern muß wirkungsvoll sein; erwünscht sind geringe Steuerkräfte (insbesondere Querruderkräfte), gute Kreiseigenschaften und große Stabilität. Unbedingt notwendig sind gute Trudeleigenschaften der Maschine. Die besondere Aufmerksamkeit ist den Blindfluggeräten zu widmen. Die polnischen Segelflieger haben sich bei ihren zahlreichen Höhen-Gewitterflügen mit gutem Erfolg des elektrischen Wendezeigers und des Längs-Neigungsmessers bedient. (Das letztere Gerät hat den Vorteil, daß es nicht versagt.) Die Installation des Wendezeigers muß natürlich in einwandfreiem Zustand gehalten werden, da der kleinste Defekt dieses Gerätes in einer Höhe von einigen tausend Metern über der Wolkenbasis den Piloten in eine äußerst schwierige Situation bringt. Der Batterieaustausch sowie verschiedene Manipulationen mit un-

sicherem Schalter sind unter solchen Verhältnissen ein „Seiltanz“. Gute Dienste erhofft man sich von Anlagen mit zwei umschaltbaren Batterien, die in der letzten Zeit in die polnischen Segelflugzeuge eingebaut wurden. Über den künstlichen Horizont sind die Meinungen geteilt. Die Vorzüge eines guten Gerätes können nicht bestritten werden. Das beträchtliche Gewicht und die großen Abmessungen des künstlichen Horizonts mit der dazugehörigen Anlage (Akkumulator und Umformer) stehen dem jedoch entgegen.

Große Vorteile verspricht demzufolge die Idee, sich auf den künstlichen Horizont mit Luftantrieb zu beschränken, der durch jeweils eine von zwei vorhandenen Venturidüsen gespeist wird. Eine der Düsen soll im Rumpf untergebracht und im Bedarfsfall durch eine besondere Vorrichtung ausgeschwenkt werden. Ehe die erste starr am Rumpf angebaute Düse vereist, müßte das Segelflugzeug die kritische Vereisungszone bereits durchstoßen haben. Sinkt die Innentemperatur unter  $-10^{\circ}\text{C}$ , schiebt der Pilot die zweite Düse aus dem Rumpf heraus, die nun die vorgesehene Funktion übernimmt. Das Vorhandensein eines künstlichen Horizonts (neben dem Wendezeiger) ist für den Piloten eine große Erleichterung. Um sich über die Vereisungsmöglichkeiten orientieren zu können, muß am Segelflugzeug ein Außenthermometer vorhanden sein. Dies kann ein besonderes Fliegerthermometer, das am Armaturenbrett angeordnet ist, oder ein gewöhnliches Quecksilberthermometer sein, das so in der Kanzel untergebracht wird, daß sich die Skala innen und der entsprechende Teil außen unter einem Schutz befindet. Mit solchem Thermometer wurden bereits gute Ergebnisse erzielt; die Anlage ist billig und beansprucht keinen Platz am Armaturenbrett.

Die Vereisung der Düsen des Fahrtmessers kann Fehlanzeigen anderer Geräte verursachen. Aus dem Grunde sind sowohl das Variometer mit dem Bereich von  $\pm 30\text{ m/s}$  als auch der Höhenmesser nicht mit dem statischen Druckkreis zu verbinden. Lediglich das Variometer mit dem Bereich von  $\pm 5\text{ m/s}$ , das in der Wolke keine größere Bedeutung hat, kann mit dem statischen Druckkreis verbunden werden, da dadurch eine größere Anzeigegenauigkeit bei nicht vereister Düse gesichert wird.

Ein besonderes Problem bildet das Sauerstoffgerät. Es gehört unbedingt zur Ausrüstung, wenn die Überschreitung der 4500-m-Grenze wahrscheinlich ist, was bei Gewitterflügen als Regel angenommen werden kann. Der Pilot muß den Betrieb und die Bedienung des Geräts genau kennen, damit ihn diese Tätigkeiten beim Flug nicht belasten. Eine sehr wichtige, aber oft unterschätzte Angelegenheit ist das gute Anlegen und Befestigen der Maske. Das

oft praktizierte Vorhalten der Maske mit der Hand ist – abgesehen von der Unbequemlichkeit – ein Spielen mit dem Sauerstoffhunger, da der mit der Führung des Segelflugzeuges unter erschwerten Bedingungen beschäftigte Pilot nicht in der Lage ist, die Maske dicht genug anzupressen.

### *Rückzug ist auch ein Problem*

Beim Gewitterflug können Situationen eintreten, die ein schnelles oder sogar ein sofortiges Verlassen der Wolke erfordern. Wenn der Flug in der Hauptsache regelmäßig verläuft, das Segelflugzeug für den weiteren Flug fähig ist und lediglich der Pilot die „Nase voll hat“, obwohl er das Segelflugzeug noch fest in der Hand hat, sollte die Wolke im Gleitflug verlassen werden. Genauso müßte vorgegangen werden, wenn:

1. der Sauerstoffvorrat nahezu aufgebraucht, die Situation aber noch nicht kritisch ist,
2. die Gefahr der Ruderblockierung besteht,
3. das Segelflugzeug beschädigt wurde, sich aber noch im Gleitflug führen läßt,
4. die Führung des Segelflugzeuges durch elektrostatische Entladungen erschwert ist.

Mit einem Wort: Wenn keine unmittelbare, ernste Gefahr droht, wird die Wolke seitlich im Gleitflug verlassen. Das Öffnen der Bremsklappen erleichtert das Durchstoßen der Turbulenzzone und beschleunigt den Abstieg. Die Flugrichtung aus der Wolke ist vor Beginn des Blindfluges zu wählen und genau zu merken. Es kommen jedoch Situationen vor, in denen die Ausführung des Gleitfluges mit Gefahren verbunden oder gänzlich unmöglich ist. Dies ist der Fall, wenn:

1. der Pilot infolge des Sauerstoffhungers oder der Entladungen der Ohnmacht nahe ist,
2. der Wendezeiger und der künstliche Horizont versagen,
3. die Querruder blockiert sind,
4. der Pilot nicht mehr imstande ist, das Segelflugzeug zu beherrschen.

In solchen, keine Verzögerung duldenden Fällen wird oft das Trudeln gewählt, ein Flugzustand, bei dem sich das Segelflugzeug beliebig lange mit unbeweglichen Rudern, ohne Rücksicht auf die Luftturbulenz, hält. Das bedeutet nicht, daß das Hineingehen in das Trudeln ohne Schwierigkeiten verläuft. Im Gegenteil, wenn z. B. das Segelflugzeug bereits unkontrollierte Flugfiguren ausführt, wird das langsame Überziehen zum Problem.

Das Herausgehen aus der Wolke durch Trudeln hat seine unangenehmen Seiten. Bei Aufwinden von über 20 m/s kann das Segelflugzeug immer noch eine Weile mit dem Rumpfen voran steigen.

Beim Trudeln kann man auch leicht auf andere, in der Wolke kreisende Segelflugzeuge stoßen. Das Aufrichten unter der Wolke kann in der Niederschlagzone und in der Zone der schlechten Sicht, die oftmals bis zur Erde reicht, erschwert werden. In Gebirgsgegenden ist das Trudeln geradezu gefährlich.

Aus allen diesen Gründen sollte man das Trudeln nur bei zwingender Notwendigkeit und als letztes Mittel vor dem Gebrauch des Fallschirms anwenden.

Man muß allerdings betonen, daß auch der Fallschirmabsprung in der Wolke viele gefährliche Situationen bergen kann. Die Sinkgeschwindigkeit des Fallschirms beträgt etwa 5 m/s, er kann also zum Spielball der Aufwinde werden. Ein solcher „Segelflug am Fallschirm“ birgt die Gefahr des Sauerstoffhungers und der Frostbeschädigungen in sich. Ein vereister Fallschirm kann auch durch Hagel beschädigt werden.

Mehr Sicherheit bietet der Absprung mit verzögertem Öffnen des Fallschirms, und nur dieses ist zu empfehlen, obwohl es schwierig ist, die Verzögerungsgröße zu bestimmen. Ist der Pilot überzeugt, daß sich die Wolkenbasis genügend hoch befindet, so ist es am vorteilhaftesten, den Fallschirm erst dann zu öffnen, wenn die Erde in den Sichtbereich kommt. In anderem Fall ist die Verzögerungszeit gefühlsmäßig zu bestimmen. Eine zu lange Verzögerung kann zu gefährlichen Frostschäden an den Händen und im Gesicht führen.

In gewissen Situationen, besonders wenn der Absprung aus großer Höhe erfolgen muß, scheint der verzögerte Absprung aus der Kanzel des beschädigten Segelflugzeugs das Gegebene zu sein, da die Höhe mit Hilfe des Höhenmessers kontrolliert werden kann. Man muß allerdings damit rechnen, daß die vom Segelflugzeugwrack ausgeführten Bewegungen das Verlassen der Kabine infolge der auf den Körper des Piloten einwirkenden Zentrifugalkräfte sehr erschweren. Unter 3000 m Flughöhe sollte der Absprung aus der Kabine nie verzögert werden.

Abschließend möchte ich allen Flugsportlern sagen, daß der Gewitterflug zu den schönsten Formen des sportlichen Kampfes mit den Naturkräften gehört. Er beinhaltet viele gefährliche Situationen, die treffende Entscheidungen und schnelles Eingreifen erfordern. Jeder derartige Flug ist deshalb ein neues, unvergeßliches Erlebnis.

## Dauerflug

Von FRITZ FLIEGAUF

Die Geschichte der DDR-Dauersegelflugeleistungen ist noch nicht sehr alt. Sie begann in den Septembertagen des Jahres 1952, als Kurt Götze in Laucha die beachtliche Zeit von 24 Stunden und 4 Minuten flog.

Im April des Jahres 1954 wurde diese Bestleistung in der DDR von Heinz Fischer mit einem Flug von 26 Stunden und 40 Minuten überboten. Als bald erhob sich die Frage: Wer wird wohl als erster Segelflieger in der DDR die 30-Stunden-Grenze überschreiten? Zwar holte sich im Juli 1954 Kurt Götze mit 27 Stunden und 7 Minuten den Rekord zurück, doch 30 Stunden waren immer noch nicht erreicht.

Deshalb stellte ich mir das Ziel, die 30-Stunden-Grenze zu überschreiten, als ich am 19. Oktober 1954 zu einem Angriff auf den bestehenden DDR-Rekord startete.

Dauersegelflüge werden nur noch bis 1960 als Rekorde der FAJ geführt, und das hat seine Berechtigung. Der Weltrekord im Dauersegelflug liegt bei 57 Stunden und 10 Minuten, geflogen von den französischen Segelfliegern Bertrand Dauvon und Henri Couston am 8. 4. 1954 auf einem doppel-sitzigen Segelflugzeug. 57 Stunden, das ist eine gewaltige Leistung, die jedoch nichts mehr mit Sport zu tun hat; denn jeder, der sich einmal mehr als 10 Stunden in der Luft befand, weiß, daß die körperlichen Anstrengungen bei Dauersegelflügen so groß sind, daß Gewichtsabnahmen und Schwächung des Körpers, ja sogar lang anhaltende körperliche Schäden die Folgen dieser Anstrengungen sein können.

Denken wir nur an den französischen Segelflieger Bertrand Dauvon, der bei Aufstellung eines neuen Einsitzer-Weltrekordes im Dauersegelflug nach 46 Stunden tödlich abstürzte. Er erlitt eine solche Störung der Sehkraft, daß er diesen Flug mit seinem Leben bezahlen mußte.

Die Entscheidung des FAI ist also zu begrüßen, ist doch beim Dauersegelflug dem Piloten eine Grenze im Sport gesetzt, deren Überschreitung wohl möglich, aber für die Entwicklung des Segelflugs nicht von Bedeutung ist. Flüge von 5, 10 und 20, ja sogar 30 Stunden sind herrliche Erlebnisse und gute Leistungen, die jedem Flieger etwas geben und sein fliegerisches Können festigen. Deshalb sollen auch nach wie vor solche Flüge durchgeführt werden, die es dem jungen Segelflieger erleichtern, später lange Streckenflüge in der Thermik und unter schwierigen Wetterbedingungen durchzuführen. Dauersegelflüge sind unter diesen Gesichtspunkten eine

gute Schulung für den Streckenflug, denn sie schulen die Ausdauer und gewöhnen den Flieger an das lange und oft nicht bequeme Sitzen im engen Segelflugzeug. So waren auch meine Flüge von 5, 13 und 30 Stunden herrliche Erlebnisse, und ich sammelte bei diesen Flügen viele Erfahrungen. Trotzdem muß ich sagen, daß ich mich nicht genügend auf diesen Dauerflug vorbereitet hatte. Eine gute Vorbereitung ist für einen Dauer- wie auch für einen Streckenflug sehr wichtig. Es nützt nach dem Start und nach einigen Stunden Flugzeit nichts mehr, wenn man feststellt, daß dieses oder jenes vergessen wurde.

Oft wird es nicht möglich sein, vor dem Flug recht lange zu schlafen, doch ist es wichtig, daß der Pilot, der einen längeren Flug beabsichtigt, ausgeruht ist und sich körperlich wohl fühlt. Der Kampf gegen die aufkommende Müdigkeit bei einem Dauerflug ist anstrengender als das Fliegen selbst und birgt Gefahren in sich, die sich noch mehren, wenn es erforderlich ist, in geringer Höhe am Hang zu fliegen. Ebenso ist die Auswahl des Proviantes für den Flug wichtig. Es sei mir erspart, hier so etwas wie ein allgemeines Rezept zu geben. Die Verpflegung für einen Dauerflug soll jedenfalls leicht verdaulich sein, sattmachen und entsprechende Zeit vorhalten. Man sollte nie etwas Obst vergessen. Zum Trinken erachte ich kalten schwarzen Tee mit etwas Zucker für zweckmäßiger als Bohnenkaffee. Kaffeebohnen zum Zerkauen sind, wenn in erträglicher Menge genommen, erfrischend und belebend. Schokolade, Zwieback, Pfefferminz, Fruchtdrops und Kekse wird jeder, entsprechend seinem Geschmack, nicht vergessen.

Sehr wichtig ist es, sich mit den Sitzverhältnissen im Segelflugzeug vertraut zu machen und den Proviant so zu verstauen, daß man ihn jederzeit gut erreichen kann. Bei meinem Flug mit der „Sohaj“ hatte ich den Proviant in der Seitentasche links und rechts neben dem Sitz und im Barographenraum hinter dem Kopf verstaut. Beim Flug glückte dann die Nahrungsaufnahme einer artistischen Glanzleistung. Erst als ich in größerer Höhe war, wo ich mir erlauben konnte, den Steuerknüppel für kurze Zeit loszulassen, konnte ich meine Seltersflasche aus dem Barographenraum herausfischen. Das lange Sitzen, wobei man versuchen wird, immer wieder eine andere Stelle des Körpers zu belasten, ist anstrengend, insbesondere dann, wenn der Sitz zu hart ist, weil man vergessen hat, ein Kissen mitzunehmen. Man sollte auch denken, daß es sehr kalt werden kann. Deshalb empfiehlt es sich, eine warme Decke mitzunehmen, die leicht um die Beine zu wickeln ist. Jedoch die wärmste Decke und Kleidung nützt nur wenig, wenn man nicht ständig für Bewegung sorgt. Das hört sich einfach an, doch ist es gar

nicht so leicht, zu fliegen und dabei gleichzeitig die Beine und Arme zu massieren und zu bewegen. Allerdings lernt man auch das schnell und findet dazu die verschiedensten Methoden.

Zur Vorbereitung gehört auch die Vereinbarung über die Verständigung mit den Kameraden am Boden. Die festgelegten Zeichen soll man sich genau einprägen und am besten aufschreiben. Bei Flügen in der Nacht ist es besonders wichtig, eine starke Lichtquelle für Blinkzeichen mitzuführen. Schon beim Einbruch der Dämmerung ist es gut, wenn der Pilot sich alle Standorte der Lichtmarkierungen am Hang genau merkt, denn diese Lichtmarkierungen sind in der stockdunklen Nacht die einzigen Wegweiser. Dauerflüge am Hang sollte man auch nur dann durchführen, wenn man bereits genügend Erfahrung im Hangsegelflug besitzt und vor allem auch das Gelände gut kennt.



*Abb. 136: Fritz Fliegauf nach seinem 30-Stunden-Flug*

Für jedes Hangsegelfluggelände gibt es in der SBO einen besonderen Punkt, die Hangflugordnung, in der die Bestimmungen für den Hangsegelflug enthalten sind. Diese Bestimmungen muß jeder, der am Hang segeln will, genau kennen. Er muß über die Beschaffenheit des Hanges, die Aufwindmöglichkeiten und vorgesehenen Landungsplätze Bescheid wissen. Die Aufwindverhältnisse und Segelmöglichkeiten am Hang, z. B. in Laucha, sind nicht immer gleich, und erst in mehreren Flügen lernt der Pilot diese Besonderheiten kennen. Der Hangaufwind wird von der Windrichtung zum Hang, der Windstärke und der Wetterlage im allgemeinen bestimmt.

Weiterhin sind die Form und Beschaffenheit des Hanges, sein steiler oder flacher Anstieg, die Lage des Hanges zur Sonne sowie die Beschaffenheit und Struktur des Vorgeländes ausschlaggebend.

Der Start am Hang erfolgt mit Gummiseil oder Windenschlepp. Das Fliegen selbst ist dann unter normalen Bedingungen für den jungen Segelflieger ziemlich einfach. Aus der Flugplatzordnung kennt er schon die Aufwindgebiete, weiß Bescheid über verwirbelte Stellen sowie die Leeverhältnisse am Platz. Am Hang muß dann entsprechend der Windstärke gegen den Wind vorgehalten werden, um mit geringer Fahrt im Aufwindgebiet entlang zu schieben. Das Vorhalten kann bei starkem Wind so groß sein, daß man direkt gegen den Wind halten muß, um über der Hangkante zu bleiben, Fahrt über Grund = 0. Manchmal ist der Wind auch so stark, daß man rückwärts hinter den Hang versetzt wird. Das ist in Laucha nicht besonders gefährlich, man muß nur darauf achten, daß man wieder vor den Hang kommt. Dabei können Leegebiete bei Hängen, die in Leeseite abfallen, gefährlich werden. Schon manch unerfahrener Pilot mußte, wenn es ihm nicht mehr gelang vor den Hang zu kommen, einen Notlandeplatz im Tal hinter dem Hang aufsuchen. Jeder weiß, daß innerhalb der Hangflugzone immer vom Hang weggekurvt wird, um andere Flugzeuge nicht zu behindern. Beträgt die Flughöhe mehr als 300 m und fliegt man außerhalb der Hangflugzone, dann kann der Pilot bei entsprechender Wetterlage diese Zone verlassen, um thermische Aufwinde u. a. auszunutzen. Sobald das Flugzeug jedoch wieder unter 300 m fliegt, hat sich jeder Pilot in die Hangflugordnung einzufügen. In Laucha ist die Mindestflughöhe im allgemeinen auf 100 m festgelegt. Das ist notwendig, damit nach Abbruch des Fluges am Hang auf dem Flugplatz eine einwandfreie Gegenwindlandung ausgeführt werden kann.

Ist die Flughöhe durch eine plötzliche Flaute geringer oder schlägt der Wind um, dann ist es richtig, wenn bei schwachem Wind eine Rückenwindlandung durchgeführt wird, reicht die Flughöhe nicht mehr aus, um sicher auf dem Flugplatz zu landen, dann landet man auf den Landwiesen im Tal. Eine saubere Landung im Tal ist besser, als eine Rückenwindlandung mit Bruch. Grundsätzlich darf man in niedriger Höhe nicht gegen den Hang kurven. Sind mehrere Flugzeuge gleichzeitig am Hang, dann heißt es, die Ausweichregeln genau zu beachten. Das Hangrecht hat immer das über der Hangkante fliegende Flugzeug. Grundsätzlich ist das Unter- oder Überfliegen eines anderen Flugzeugs verboten, wenn der Höhenunterschied weniger als 300 m beträgt.

Hat man sich erst einmal an die zunächst etwas ungewöhnliche Fliegerei am Hang gewöhnt, dann beginnt auch bald das Suchen und Forschen, und jeder wird nach kurzer Zeit feststellen, daß die oft verpönte Hangfliegerei viele interessante und immer wieder neue Erlebnisse gibt. Ich glaube, diese Erlebnisse spiegeln sich auch recht gut in den Aufzeichnungen meines Dauerfluges wider.

„Wird der Wind durchhalten?“ – das war die einzige Frage, die mich vor meinem Start am 19. Oktober 1954 bewegte. 30 Stunden wollte ich fliegen. Diese Aufgabe war nicht leicht zu erfüllen. Ich stand noch sehr unter dem Eindruck meines ersten Versuchs, bei dem ich den Flug nach 13 Stunden wegen starken Regens und Hagel in der Nacht abbrechen mußte.

Die 13 Stunden hatten mir eigentlich schon gereicht und ich war nahe daran, mein 30-Stunden-Vorhaben aufzugeben. Doch als am 13. Oktober ein starker Wind wehte und die Wetterwarte in Weimar ein längeres Anhalten dieses Südwestwindes voraussagte, da war mein Entschluß bald gefaßt. In der Nacht vom 18. zum 19. Oktober, als der Wind mit gleichbleibender Stärke um die Gebäude der Segelflugschule Laucha pff, entschloß ich mich, am nächsten Morgen zu starten. Bald waren die Vorbereitungen getroffen. Der Flugproviant war eingepackt, Signalfallschirme und Taschenlampe bereitgelegt und nach wenigen Stunden unruhigen Schlafes kam der Morgen. Doch ich hatte im Lehrgang noch Unterricht zu halten, und somit konnte der Start erst um 11.00 Uhr erfolgen.

Allerhand Nervenarbeit, bei diesem „Stiem“ eine Lektion zu lesen und dabei ruhig zu bleiben. Doch dann ist es endlich soweit. Die Kameraden haben die „Sohaj“ schon zum Startplatz gebracht. Schnell alles in der Kabine verstaut, Händeschütteln und gute Wünsche, Schleppseil eingeklinkt – fertig zum Start! Schnell hebt das Flugzeug vom Boden ab – die lange Reise am Lauchaer Hang beginnt. 7–9 m/s Wind tragen mich schnell auf 400 Meter. Dem guten alten Gesellen scheint mein Vorhaben gar nicht zu gefallen, denn mit seinen Böen rüttelt er mich ganz schön durch. So ist die Gesellschaft eines 5-Stunden-Fliegers mit seinem „Baby“ ganz wohltuend.

Doch bald sind seine 5 Stunden um, und ich bin wieder ganz allein am Hang. Die Böen sind immer noch sehr stark und bringen mich ins Schwitzen, dazu beginnt mir etwas übel zu werden. Schnell eine Tüte! Soll ich aufgeben? Doch bald ist die Krise überwunden, und ich fühle mich wieder wohler. Allmählich bricht die Dämmerung herein, und unten beginnt man

die Nachtbefeuerung, meine Wegweiser, aufzustellen. Ich gebe die vereinbarten Blinkzeichen mit der Taschenlampe nach unten. Als Antwort kommt eine grüne Leuchtkegel; d. h. der Wind wird anhalten. Ich blinke zurück: „Mir geht es gut“. Die Luft ist ruhiger geworden, und die starken Böen vom Nachmittag haben nachgelassen.

Es wird Nacht. Was wird sie mir bringen? Am Horizont kann ich noch starke Bewölkung erkennen. Wird es wieder so werden wie am 16. September? Über mir blinken die Sterne, und unten im Tal sehe ich die Städte und Dörfer im Glanz der Lichter. Am Hangende ist ein kaum merkliches Steigen zu spüren. Rasch drehe ich meine gute „Sohaj“ in den Wind. Vielleicht gelingt es mir, die Lauchaer Welle zu erreichen, von der es die verschiedensten Vorstellungen gibt und in der es schon mehreren Kameraden gelang, Höhen von 1000 bis 1500 Meter zu erreichen. Bereits am 16. September hatte ich das Glück, 1800 Meter zu erreichen. Ich habe auch diesmal Glück, kaum merklich steigt der Höhenmesser. Bald bin ich 700 Meter hoch, und immer noch hält das schwache Steigen an. Ich fliege genau gegen den Wind. Langsam werde ich über Grund hinter den Hang getrieben. Wieder fliege ich zur Hangkante und lasse mich mit der günstigsten Geschwindigkeit, bei kleinstem Sinken des Flugzeuges, wobei das Variometer  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  m/s Steigen anzeigt, rückwärts versetzen. So gewinne ich immer mehr an Höhe. Da der Höhenmesser etwas nachhängt, bringe ich ihn durch ein leichtes Klopfen wieder auf den richtigen Stand. Schön ist es, wenn bei jedem Klopfen der Höhenmesser um 20–30 Meter höher nach oben springt. Mir fällt ein, wie schön es wäre, könnte man immer durch Klopfen an den Höhenmesser Höhe gewinnen.

Um 21.30 Uhr bin ich in 1100 Meter Höhe. Es ist unsagbar ruhig. 22.10 Uhr 1750 Meter, 22.30 Uhr 2000 Meter und immer noch  $\frac{1}{2}$  m Steigen. Ich fliege also auf der langen Welle, denn so hoch reicht auch in Laucha der Hangwind nicht. 2000 Meter, höher darf ich nicht gehen. Ich habe keinen Fallschirm mit\*), doch das beunruhigt mich auch nicht eine Sekunde. Ich weiß, meine „Sohaj“ kann einiges vertragen. Mein Flugzeug trimme ich kopflastig, und mit 0 m am Variometer geht es kreuz und quer durch die Flugplatzzone. Immer wieder kehre ich zum Flugplatz zurück und gebe Blinkzeichen. Ob mich die „Erdenwürmer“ überhaupt noch zwischen den Sternen erkennen können? – Nanu, was ist denn da unten los? Schein-

---

\*) Die Segelflug-Betriebsordnung, in der den Segelfliegern das Mitführen eines Rettungsfallschirmes bei Flügen über eine Höhe von 500 m zur Pflicht gemacht wird, wurde erst später herausgegeben.

werfer von Fahrzeugen huschen über den Platz und nehmen dann den Weg ins Tal. Man glaubt wohl gar, ich sei gelandet? (Wie ich nach der Landung erfuhr, hatten das die Kameraden tatsächlich befürchtet. Der Wind hatte am Hang nachgelassen und die Blinkzeichen und das Rauschen der Maschine waren aus 2000 Meter Höhe natürlich nicht mehr wahrzunehmen). Schade, daß ich mein Kofferradio nicht mit habe. Es würde mir etwas die Stunden verkürzen, denn um diese Zeit kam ja meist Tanzmusik. So muß ich mir nun doch etwas anderes ausdenken, um die aufkommende Müdigkeit zu überwinden. Ich zähle die Lichter in den Dörfern und versuche, die Lichtsilhouetten der Dörfer wie Sternbilder zu deuten.

Wie komisch; Laucha sieht wie eine Giraffe aus und Karsdorf mit seinem Zementwerk gleicht einer Ente. – Zwischendurch nehme ich etwas Zwieback zu mir, esse Backobst oder lutsche Pfefferminz. Davon habe ich ja genügend mit. Nach der Landung stellte ich fest, daß ich „nur“ 14 Rollen verzehrt hatte.

Am Himmel verlöschen die Sterne. Bald habe ich des Rätsels Lösung gefunden. Eine Front zieht heran, doch am Horizont blinken schon wieder Sterne durch oder sind es die Lichter der Dörfer? Es wird etwas unruhiger, doch das schadet nichts, so bleibe ich wenigstens munter. Die Zeit der zweiten Krise kommt heran. 13 Stunden bin ich jetzt in der Luft. Soll mir das gleiche Schicksal wie am 16. September 1954 zuteil werden? Tatsächlich, ich verliere an Höhe. Jetzt ist es mit meiner Ruhe vorbei. Ich beginne um jeden Meter Höhe zu kämpfen, obwohl ich es gar nicht nötig habe. Noch immer bin ich 1700 Meter hoch. Doch das Variometer zeigt ständig Sinken. Nach dem Durchgang der Front ist es auch mit der schönen Höhe vorbei. Gegen 2.30 Uhr bin ich nur noch mit 250 Meter am Hang. Sollen die restlichen 15 Stunden so bleiben, oder heißt es schon landen?

Von unten hat man mich inzwischen wieder entdeckt und gibt Blinkzeichen. Langsam erwacht der neue Tag. Die Lichter im Tal verlöschen, und die Straßen beleben sich. Währenddessen fliege ich am Hang hin und her – 1½ Minuten hin, 1½ Minuten her, so geht es lange Zeit. Doch dann werde ich wieder zufriedener. Langsam gewinne ich wieder Höhe. 600 Meter – das ist schon sehr beruhigend.

7.00 Uhr – unten sind die Kameraden zum Morgenappell angetreten. Mein Morgengruß – ein Vollkreis und Flächenwackeln. Bald kommt von unten das „Guten Morgen“. Es ist mit weißen Steinen am Hang ausgelegt. Daneben steht „halte durch!“ Das ist mein fester Wille. Ob es der Wind wohl zulassen wird? Ich entdecke neben den ausgelegten Buchstaben noch

eine Tafel, doch ich kann die Schrift nicht lesen. Vielleicht eine wichtige Nachricht? Also Klappen raus und hinunter auf 100 Meter. Jetzt kann ich die Schrift erkennen: „Höhe halten!“ steht auf der Tafel . . .

Doch mit der Höhe ist es vorbei. Die Wolkenbasis ist inzwischen nach oben gegangen. „Der Anschluß ist weg!“ stelle ich betrübt fest. Jetzt heißt es am Hang kleben. Stunde um Stunde fliege ich die 2 km in 200 bis 500 Meter Höhe am Hang hin und her. Inzwischen gibt es unten beim Mittagessen „Leipziger Allerlei“. Also versäume ich nichts. Zwieback und Backobst machen auch satt.

16.00 Uhr. 29 Stunden liegen hinter mir, die Sonne steigt zum Horizont hinab. An der großen Halle versammeln sich immer mehr Menschen. Es hat sich offenbar herumgesprochen, daß einer am Hang nicht „herunter kann!“ Etwas müßt ihr schon noch warten, liebe Freunde, denn die 30 Stunden sind noch nicht geschafft. Doch dann legt man das Landekreuz aus. Es ist wenige Minuten nach 17.00 Uhr, als ich vom Hang abdrehe und zur Landung ansetze.

Die Freude ist groß! Trotz der 30 Stunden steige ich ohne Hilfe aus dem Flugzeug, allerdings, die ersten Schritte sind nicht ganz einfach. Dankbar grüße ich den Wind; wir haben beide durchgehalten.

# Kunstflugschulung

Von A. ABLAMOWICZ (Volksrepublik Polen)

Das höchste Ziel der Segelflugschulung sehen wir darin, beste Ergebnisse beim Leistungsflug zu erreichen. Für jeden Leistungsflyer jedoch ist der Kunstflug die beste Schule der Flugzeugführung.

Es gibt wohl keinen Piloten, der das Fliegen nur anhand eines Lehrbuches erlernen würde. Auch der Kunstflug kann lediglich hinter dem Steuerknüppel eines Flugzeuges erlernt werden. Wir dürfen aber nicht an die praktische Ausbildung herangehen, wenn der Flugschüler die theoretischen Probleme nicht vorher kennengelernt hat. Daß der Flugschüler den Kunstflug beherrschen lernt, hängt natürlich in hohem Maße von der Ausbildungsmethode ab.

Bevor der Lehrer mit theoretischen Darlegungen über den Kunstflug beginnt, wird er den Schülern zunächst mit den beim Kunstflug auftretenden Empfindungen bei gemeinsamen Flügen im Doppelsitzer vertraut machen. Bereits während der ersten Flüge kann der Lehrer sich davon überzeugen, ob sein Schüler die erforderliche Eignung für den Kunstflug besitzt. Erst dann wird er mit dem eigentlichen Lehrprogramm beginnen.

Gehen wir nun zur Beschreibung der einzelnen Kunstflugfiguren, ihrer Ausführungsweise, der möglichen Fehler und der sich daraus ergebenden Lehrmethodik über.

## *Das Trudeln*

Das Trudeln ist ein Flugzustand, bei dem das Segelflugzeug auf steiler, spiralförmiger Linie in autorotativer Drehung niedergeht. Damit die Autorotation (Selbstdrehung) auftreten kann, muß der kritische Anstellwinkel überschritten werden, d. h. das sogenannte Überziehen auftreten. Beim Fliegen in einer Lage, die über dem kritischen Anstellwinkel liegt, verursacht die weitere Steigerung des Anstellwinkels eine Verringerung des Auftriebs. In diesem Zusammenhang führt die Verringerung der Geschwindigkeit des Innenflügels beim Drehen zu dessen „Einfallen“, was mit der weiteren Drehung des Flugzeuges verbunden ist. Diese Erscheinung tritt immer stärker auf und ergibt nach der Stabilisierung von Gleichgewichtskräften und -momenten das Trudeln.

Das Trudeln kann bei verschiedenen Flugeschwindigkeiten unter der Bedingung einsetzen, daß der kritische Anstellwinkel überschritten wird. Daran sollte man stets denken. Das Überziehen des Segelflugzeuges durch

stetige Vergrößerung des Anstellwinkels, der eine Verminderung der Flugeschwindigkeit folgt, wird das statische Überziehen genannt.

Machen wir uns nun mit der Ausführung des Trudeln bekannt: Durch das langsame Ziehen des Knüppels wird zu immer größerem Anstellwinkel übergegangen. Der Höhenruderausschlag muß so langsam vor sich gehen, daß er keine sichtbare Veränderung der Flugrichtung hervorruft. Die Vergrößerung des Anstellwinkels wird von der Geschwindigkeitsverminderung begleitet.

Das Segelflugzeug reagiert in dem Zusammenhang immer langsamer auf den Ruderausschlag. Der Knüppel wird unmittelbar vor Unterschreiten der Minimalgeschwindigkeit bis zum „Anschlag“ gezogen und gleichzeitig der volle Seitenruderausschlag gegeben, und zwar in die beabsichtigte Trudelrichtung. Das Segelflugzeug neigt sich auf den Flügel, geht dabei deutlich auf den Kopf und beginnt die Autorotation.

Fast bei allen jetzt in Betrieb befindlichen Flugzeugtypen genügt es, zur Ausführung des Trudeln die beschriebene Ruderlage beizubehalten. Es sind jedoch Segelflugzeuge vorhanden, die beim vollen Ausschlag des Höhen- als auch Seitenruders nicht zum Trudeln übergehen wollen oder die Tendenz haben, in ein flaches Trudeln überzugehen. In solchen Fällen müssen entsprechende Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Will das Flugzeug nicht zum Trudeln übergehen, so wird zusätzlich durch Querruderschlag nachgeholfen. Das Vorgehen hängt hier jedoch von den individuellen Eigenschaften unseres Segelflugzeuges ab. Bei manchen Typen, sogar bei manchen Segelflugzeugen des gleichen Typs, muß das Querruder in die gewünschte Trudelrichtung gegeben werden, bei anderen jedoch in die entgegengesetzte Richtung.

Die Situation ist anders, wenn das Segelflugzeug zu sehr zum Trudeln neigt. In dem Falle gibt es mehr Vorbeugungsmittel. Das meist angewendete ist die Verringerung des Höhenruderausschlags unmittelbar nach dem Eintreten in das Trudeln. Die teilweise Rücknahme des Seitenruders ist auch oft von Erfolg. Das dritte Mittel ist schließlich der Querruderausschlag – wiederum je nach Eigenschaften unseres Segelflugzeuges – in oder gegen die Trudelinrichtung. Durch die genannten Maßnahmen werden die Trudeltendenzen des Flugzeuges in gewissem Maße „reguliert“, sie dienen aber nicht zur Steuerung des Segelflugzeuges beim Trudeln.

Um die Autorotation des Segelflugzeuges zu unterbrechen, muß dem Drehmoment durch Seitenruderausschlag entgegengewirkt und durch Höhenruderausschlag der Übergang des Segelflugzeuges zu „normalen“ Anstell-

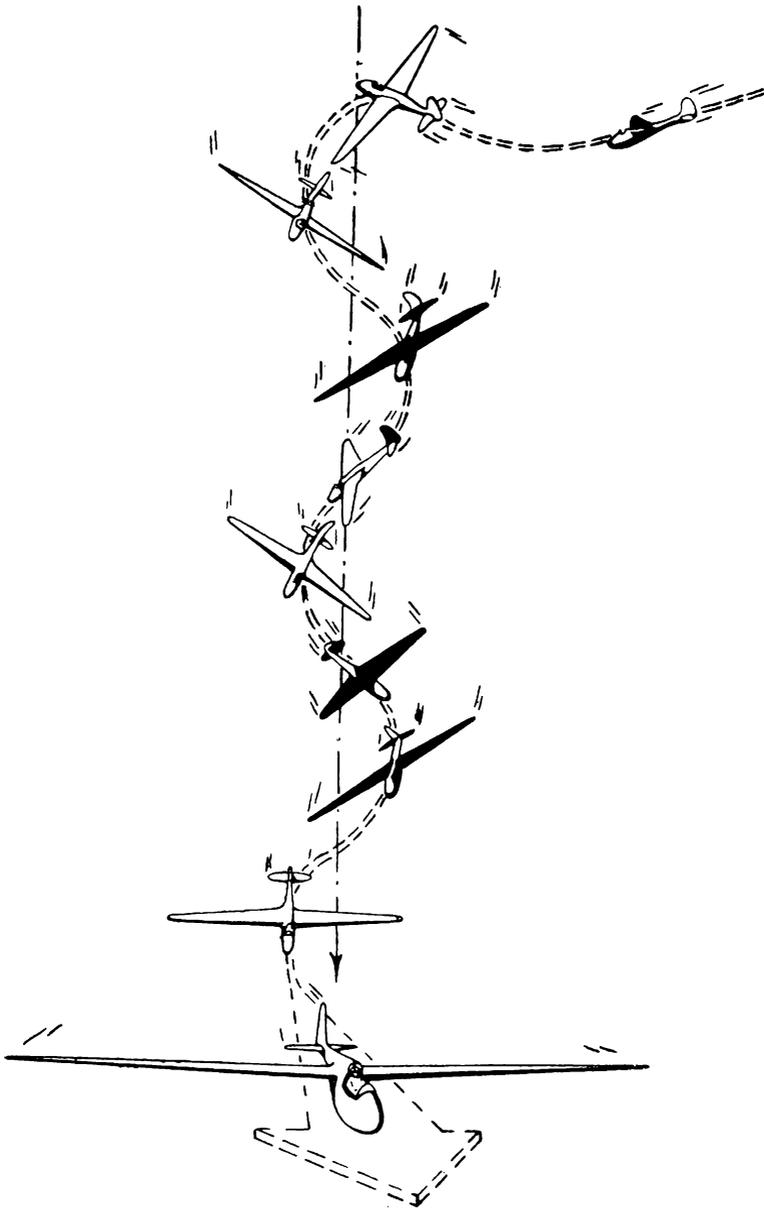


Abb. 137: Trudeln

winkeln erreicht werden. Das Seitenruder ist vor Betätigung des Höhenruders zu geben. Die Querruder befinden sich dabei in neutraler Lage. Die Segelflugzeuge reagieren verschieden auf den Ruderausschlag beim Herausnehmen. Einige unterbrechen das Trudeln bereits bei ausgeglichenem Seitenruder, bei anderen ist es erforderlich, auch das Höhenruder bis zur neutralen Lage zurückzuführen.

In den meisten Fällen wird zur Beendigung des Trudeln das Seitenruder gegen die Trudelrichtung ausgeschlagen und der Knüppel ein wenig über die neutrale Lage hinaus nachgedrückt.

Vor Beginn der Trudelübungen ist es notwendig, den Schüler das statische und dynamische Überziehen sowie das steile, aber kurzzeitige Fahrtaufholen durchüben zu lassen. Das wird den Flugschüler mit den Erscheinungen vertraut machen, die ihn beim Einleiten und Beenden des Trudeln erwarten. Fehler, die beim Hineingehen in das Trudeln gemacht werden, beruhen entweder auf der falschen Koordinierung der Ruderbewegungen oder der falschen Einführungsgeschwindigkeit. Diese Fehler können dazu führen, daß das Segelflugzeug nicht zu trudeln beginnt oder aber zu plötzlich in das Trudeln fällt.

Ein zu geringer Ruderausschlag nach dem Einleiten verursacht zumeist den Übergang in eine Spirale, die durch Geschwindigkeitszunahme zu erkennen ist. Die Maschine ist in dem Falle aufzurichten. Auf keinen Fall soll man durch Vergrößerung der Ruderausschläge das Trudeln erzwingen. Ein derartiges Vorgehen könnte zu einer für den Piloten sehr unangenehmen und für die Konstruktion gefährlichen Belastungszunahme führen. Bei der Herausnahme aus dem Trudeln können folgende Fehler gemacht werden: Beenden in eine andere als die beabsichtigte Richtung; zu energisches Herausnehmen, wodurch das Segelflugzeug in einen steilen Sturzflug übergeht; die Maschine kann auch zu schnell aufgerichtet und durch Ziehen des Knüppels bei zu geringer Fahrt in erneutes Trudeln gebracht werden.

### *Der Looping*

Der Looping ist eine Kunstflugfigur, bei der sich das Segelflugzeug auf einer kreisförmigen Bahn in senkrechter Ebene bewegt.

Damit sich das Segelflugzeug auf einer gekrümmten Bahn bewegen kann, muß eine Zentripetalkraft vorhanden sein. Diese Zentripetalkraft, die die positive Beschleunigung hervorruft, ist der durch die Tragflügel unseres Segelflugzeuges erzeugte Auftrieb. Um die positive Beschleunigung,

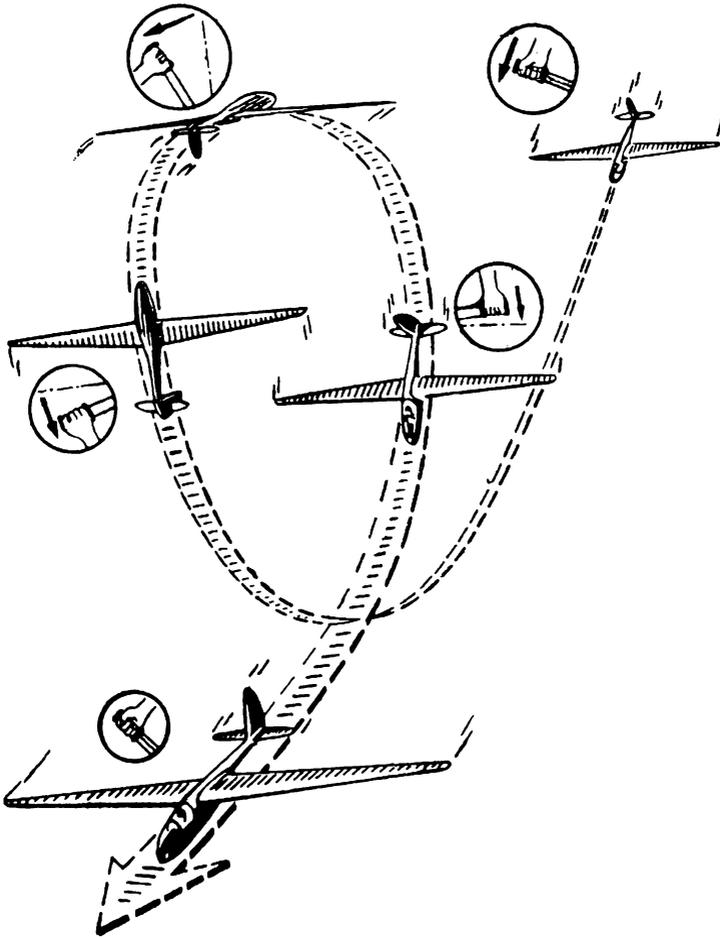


Abb. 138: Looping

die die Krümmung der Flugbahn verursacht, erreichen zu können, muß der Auftrieb ohne Zweifel größer sein als das Fluggewicht.

Auf Grund der annähernd kreisförmigen Flugbahn und der veränderlichen Geschwindigkeit des Segelflugzeuges auf dieser Bahn, sind die

Beschleunigungen beim Looping ebenfalls veränderlich. Die maximale Beschleunigung sollte bei einem gut ausgeführten Looping im allgemeinen den Wert 3,5 g nicht überschreiten, soll am Scheitelpunkt des Loopings den Wert 1 g erreichen, auf keinen Fall aber 0 g oder noch geringere Werte. Damit das Flugzeug in der ersten Hälfte des Loopings aufzusteigen vermag, muß es einen gewissen Überschuß an Fahrt, also demnach eine erhöhte kinetische Energie besitzen. Dieser Überschuß an Fahrt wird beim Aufsteigen teilweise in potentielle Energie umgewandelt, und teilweise geht er durch die Verringerung der Fahrtgeschwindigkeit, die durch den Übergang zu größeren Anstellwinkeln, d. h. zu größeren Widerstandskoeffizienten  $C_x$ , verursacht wird, verloren.

Um erhöhte Fahrt zu bekommen, die notwendig ist, um die Figur auszuführen, wird das Segelflugzeug durch Drücken des Steuerknüppels auf Geschwindigkeit gebracht. Bei Kunstflug- oder Leistungssegelflugzeugen genügt es, wenn die Fahrt das Zweifache der Optimalgeschwindigkeit beträgt. Das Flugzeug ist auf nicht zu steiler Bahn, ohne Schräglage und in vorgesehener Richtung anzudrücken. Die beste Kontrolle ist hierbei der Geschwindigkeitsmesser, dessen Zeiger nicht zu schnell, jedoch stetig in Richtung der größeren Geschwindigkeiten ausschlagen soll.

Unmittelbar vor Erreichen der vorgesehenen Fahrt beginnt man den Steuerknüppel nicht ruckweise, sondern weich zu ziehen.

Beim Ziehen des Knüppels spürt man die zunehmende Beschleunigung, von der man auf den Sitz gedrückt wird. Das Tempo des Ziehens muß man so wählen, daß die größte Beschleunigung im ersten Viertel des Loopings auftritt. In der Scheitellage darf der Sitzdruck nicht mehr spürbar sein, eher eine geringe „Gewichtsabnahme“.

Das Eintreten negativer Beschleunigungen ist auf keinen Fall zuzulassen. Im dritten Viertel, d. h. nach Passieren des Scheitelpunktes und bevor die senkrechte Lage eingenommen wird, ist das Höhenruder so wie im zweiten Viertel des Loopings zu halten. Das letzte Viertel ist schließlich nichts anderes als das Abfangen aus dem Sturzflug. Hierbei muß man bemüht sein, keine größere Beschleunigung als bei der Einleitung des Loopings und keine größere Fahrt als bei Beginn der Figur zu erreichen.

Wird der Looping auf diese Weise geflogen, so wird er der Kreisform am besten entsprechen. Zu kräftiges Ziehen im zweiten und dritten Viertel führt zu einer ovalen Loopingform und zum Überziehen des Segelflugzeuges.

Wird der Looping als einzelne Figur ausgeführt, so wird anschließend zu einem leicht aufsteigenden Flug übergegangen, um den Fahrtüberschuß nach dem Looping in wertvolle Höhe umzusetzen. Der Looping ist eine der leichtesten Figuren und meistens die erste Figur, die der angehende Kunstflieger ausführt.

Obwohl die gesamte Figur lediglich mit einem Ruder, dem Höhenruder, ausgeführt wird, können auch zahlreiche Fehler gemacht werden, auf die jeder Kunstflugschüler mit Sicherheit stoßen wird.

Die erste Fehlergruppe entsteht durch die falsche Geschwindigkeit bei Beginn des Loopings. Eine zu hohe Geschwindigkeit bei sonst richtiger Flugzeugführung ergibt eine Flugbahn, die von der Kreisform wesentlich abweicht. Dieser Fehler rächt sich entweder durch Überziehen der Maschine im zweiten Viertel des Loopings, was zu einer schlechten Ausführung des Überschlages führt. Meist bleibt das Segelflugzeug in der Rückenlage hängen, was für einen unerfahrenen Piloten sehr unangenehm sein kann, weil es mit dem Zusammenbruch der Flugbahn am Scheitel der Figur endet.

Die zweite Fehlergruppe wird durch das falsche Tempo des Höhenruderausschlages verursacht. Zu schnelles Ziehen des Steuerknüppels führt entweder zur Autorotation (Überziehen bei großer Fahrt) und folglich zur zeitweiligen Manövrierunfähigkeit des Segelflugzeuges, oder aber zu einem zu schnellen Absinken der Geschwindigkeit. Das ergibt wiederum eine zu geringe Fahrt am Scheitel der Figur und hat die oben beschriebenen Folgen. Ist der Höhenruderausschlag nach dem Passieren des Scheitelpunktes zu klein, so wird das Flugzeug zu schnell und verliert wesentlich an Höhe. Es können aber auch zu hohe Beschleunigungen und sogar dynamisches Überziehen auftreten, wenn der Ruderausschlag zu groß ist.

Zur dritten Fehlergruppe gehört die unsachgemäße Handhabung von Quer- und Seitenruder. Diese Fehler führen zu verschiedenartigen Einknickungen der Kreisform. Man kann das verhindern, wenn man darauf achtet, daß beim Fahrauffholen vor dem Looping keine Richtungsänderung und kein Flächenhängen auftritt.

In den allermeisten Fällen kommt der Flugschüler beim Looping das erste Mal in seinem Leben mit größeren Beschleunigungen in Berührung. Es ist daher vorteilhaft, ihn zuvor mit höheren Beschleunigungen vertraut zu machen. Das geschieht entweder am Doppelsteuer oder man läßt ihn einige scharfe Kurven bzw. enge Kreise mit starker Schräglage fliegen.

## *Die Rolle*

Der beste Beweis für eine vollkommene Beherrschung des Segelflugzeuges durch den Piloten ist die gesteuerte Rolle. Verschiedentlich wird diese Figur auch als langsame Rolle bezeichnet.

Die Rolle ist eine langsame, gesteuerte Drehung des Segelflugzeuges um seine Längsachse. Um die gesteuerte Rolle auszuführen, muß das Flugzeug auf eine Geschwindigkeit gebracht werden, die nicht ganz der doppelten optimalen Geschwindigkeit entspricht. Dann wird zum leicht steigenden Flug übergegangen und mit der Drehung des Segelflugzeuges um seine Längsachse, durch Ausschlag des Querruders, begonnen. Die Rumpfschnauze des Segelflugzeuges wird dabei stetig auf einen über dem Horizont liegenden Punkt gerichtet. Dabei sollte man sich klarmachen, daß Höhen- und Seitenruder lediglich dazu da sind, um die Rumpfschnauze auf den gewählten Punkt zu halten. Geht die Rumpfschnauze über den Punkt hinaus, wird der Steuerknüppel ein wenig gedrückt, geht sie darunter, dann wird gezogen. Mit dem Seitenruder wird die Rumpfschnauze in ähnlicher Weise auf den Punkt geführt. Wenn sie also links vom Haltepunkt zeigt, wird rechts getreten, ist die Situation umgekehrt, wird links getreten. Nur von diesem Bestreben sollte man sich leiten und dabei nicht durch die Lage des Segelflugzeuges beeinflussen lassen.

Die Ruderbewegungen können bei der gesteuerten Rolle wie folgt beschrieben werden: Leichtes Ziehen verursacht das Hinausgehen der Rumpfschnauze über den Horizont. Der Querruderausschlag bewirkt das Drehen um die Längsachse. Beim Neigen wird das Segelflugzeug bestrebt sein, unter den gewählten Punkt abzuweichen. Dem muß man durch Ausschlag des Seitenruders entgegen der Neigungsrichtung und durch Zurücknehmen des Steuerknüppels entgegenwirken, und zwar so, daß sich das Höhenruder während der Messerfluglage in neutraler Stellung befindet. Nach Überwinden der Messerfluglage wird der Knüppel langsam gedrückt, wobei er in dem Augenblick den größten Ausschlag hat, in welchem das Segelflugzeug in die Rückenlage kommt. Während des Hereinkommens in die Rückenlage wird auch das Seitenruder zurückgenommen.

Auf diese Weise haben wir bereits die halbe Rolle ausgeführt. Die zweite Hälfte der Rolle wird genauso vorgenommen mit dem Unterschied, daß die Ruderbewegungen in umgekehrter Reihe erfolgen.

Wie aus der Beschreibung hervorgeht, muß bei der gesteuerten Rolle viel mit den Rudern gearbeitet werden.

Die Erläuterung der Ruderbewegungen gebe ich dem Leser nur, damit er sich in der Steuertechnik der Rolle orientieren und deren Ausführung durchdenken kann. Die Reihenfolge dieser Bewegungen ist jedoch keinesfalls als Rezept anzusehen, das man auswendig lernt und dann auf dieser Grundlage die Rolle auszuführen versucht. Ein solches System führt nicht zu positiven Ergebnissen.

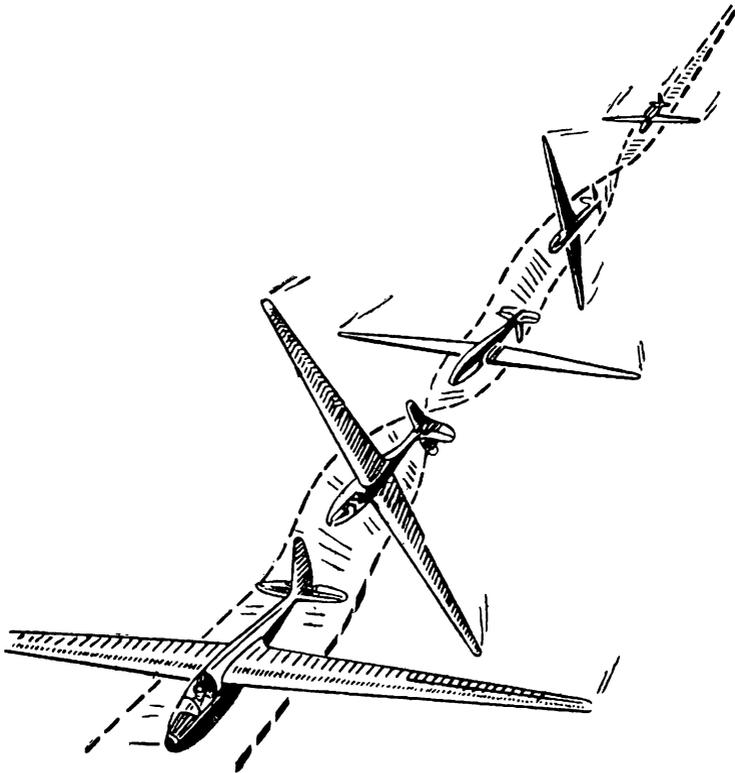


Abb. 139: Rolle

Die Beschreibung der komplizierten Ruderbewegungen bei der gesteuerten Rolle ist der beste Beweis dafür, daß als einzig richtige Lehrmethode dieser Figur die eingangs geschilderte anzusehen ist. Man halte sich also stets vor Augen, daß die Ruder ihre Funktion beibehalten und das Segel-

flugzeug einfach in Richtung des über dem Horizont gewählten Punktes geführt wird.

Das Abrutschen des Segelflugzeuges unter den Horizont mit gleichzeitigem Fahrtaufholen ist der erste Fehler. Er wird durch den zu tief gewählten Punkt, in dessen Richtung die Rolle ausgeführt werden soll, oder durch zu geringen Seitenruderausschlag entgegen der Neigung des Flugzeuges während der ersten Phase der Figur verursacht. Ein zu spätes Zurücknehmen des Höhenruders führt ebenfalls zum Abrutschen des Segelflugzeuges unter den Horizont.

Der zweite, recht oft vorkommende Fehler ist die Rücknahme des Querruders beim Herausgehen aus der Rückenlage. Meistens rüht sich der Flieger, der diesen Fehler begangen hat, mit der Verlängerung des Rückenfluges. Um der Situation zu begegnen, geht er mit einem Halbblooping heraus. Bei der großen Fahrt zu Beginn des Halbbloopings führt dies entweder zu großen Beschleunigungen oder zu hohen Geschwindigkeiten und beträchtlichen Höhenverlusten. Grundsätzlich ist beim Erlernen der gesteuerten Rolle zu beachten, daß in jedem Zweifelsfall, wenn es darauf ankommt, schnellstens die Normallage zu erreichen, das Segelflugzeug mit Hilfe der Querruder zu drehen ist.

Schließlich der dritte, in den meisten Fällen vorkommende Fehler, ist der Richtungsverlust im letzten Viertel der Rolle. Verursacht wird er durch die zu tiefe Rumpfschnauze gegenüber dem Horizont oder durch den zu frühen Beginn des Ziehens oder aber durch das zu geringe Durchtreten des „oberen Fußes“ in der letzten Phase der Rolle.

Eine andere Rollenart ist die sogenannte gerissene Rolle. Diese Figur ist nichts anderes, als eine Trudeldrehung in der Waagerechten.

Wir wollen uns bei dieser Kunstflugfigur allerdings nicht aufhalten, da sie auf Segelflugzeugen wegen der großen Spannweite und geringen Flächenbelastung ungern geflogen wird.

### *Der Turn*

Der Turn ist eine dem Looping verwandte Figur. Man kann sagen, daß der Turn gewissermaßen die Verbindung – durch die Drehung des Segelflugzeuges um die senkrechte Achse – des ersten und vierten Viertels des Loopings darstellt. Diese zwar nicht genaue Bezeichnung charakterisiert jedoch die Flugbahn des Segelflugzeuges beim Turn recht gut.

Ähnlich wie im ersten Viertel des Loopings gehen wir auch hier durch Ziehen zum Aufstieg über. Das Ziehen erfolgt hierbei im allgemeinen nicht

so energisch wie beim Looping. Der Steigwinkel bewegt sich beim Turn um 60 bis 90°. Am besten ist der Winkel zu beurteilen, wenn man nach der Seite schaut und den Winkel zwischen Flügelsehne und Horizont bestimmt.

Nach Kontrolle der Bahnneigung wird mit dem Wenden des Segelfluggzeuges (flache Drehung um die senkrechte Achse), d. h. mit der Flugbahnänderung um 180°, begonnen.

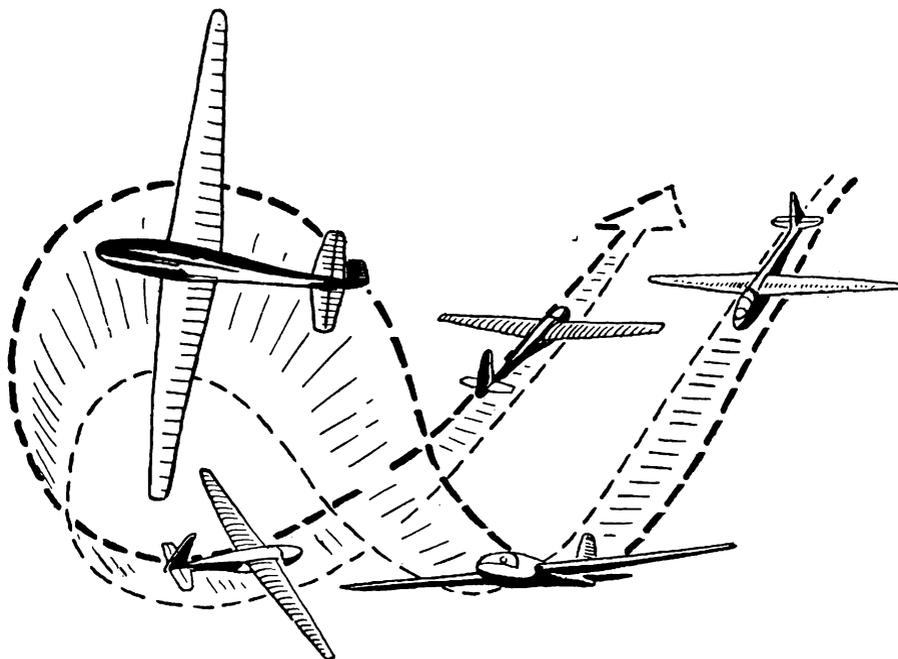


Abb. 140: Turn

Die ganze Schwierigkeit besteht darin, daß die Drehung auf einem möglichst kleinen Radius und auf einer Flugbahn, die möglichst halbkreisförmig ist, erfolgt. Die Drehung wird durch Seitenruderausschlag ausgeführt. Die Ruder werden anschließend in die neutrale Lage gebracht und das Segelfluggzeug durch Ziehen des Steuerknüppels aus dem Sturzflug abgefangen. Man muß danach trachten, daß die Flugbahn beim Herausnehmen aus dieser Figur der Bahn des vorhergegangenen Steigfluges möglichst gleichkommt.

Wir stoßen beim Turn auf zwei grundsätzliche Schwierigkeiten: die Wahl des richtigen Zeitpunktes, in dem wir mit der Drehung der Maschine beginnen und das flache Drehen des Segelflugzeuges um die senkrechte Achse in gleicher Ebene mit der aufsteigenden Bahn.

Der erste beim Fliegen des Turns meist auftretende Fehler ist der zu kleine Steigwinkel. Ein weiterer typischer Fehler ist die falsche Fahrt, mit der die Richtungsänderung begonnen wird.

Der dritte Fehler beruht darauf, daß die am höchsten Punkt des Turns vorzunehmende Richtungsänderung nicht flach ausgeführt wird. Man darf nicht vergessen, daß sich fast alle Segelflugzeuge bei Betätigung des Seitenruders nach der Seite neigen, nach der das Seitenruder ausgeschlagen wird. Deshalb muß das Segelflugzeug am Wendepunkt des Turns sehr oft mit dem inneren Querruder gestützt werden. Als vierter Fehler zählt schließlich das zu energische Herausnehmen des Segelflugzeuges nach der 180°-Wendung oder die vorzeitige bzw. verspätete Zurücknahme des ausgeschlagenen Seitenruders.

### *Der Abschwung*

Diese Kunstflugfigur entsteht aus einer Verbindung der Halbrolle mit dem Halblooping und ergibt eine Flugrichtungsänderung um 180°.

Die Ausführung dieser Figur und die dabei vorkommenden Fehler ergeben sich aus der Beschreibung der Rolle und des Loopings. Es ist

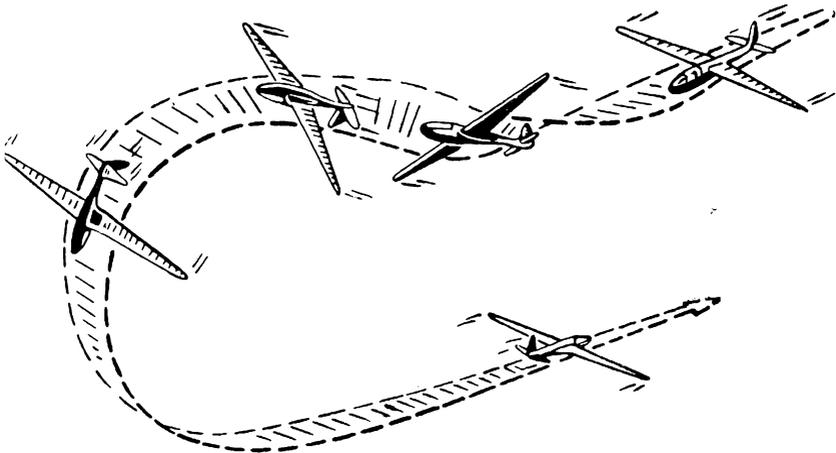
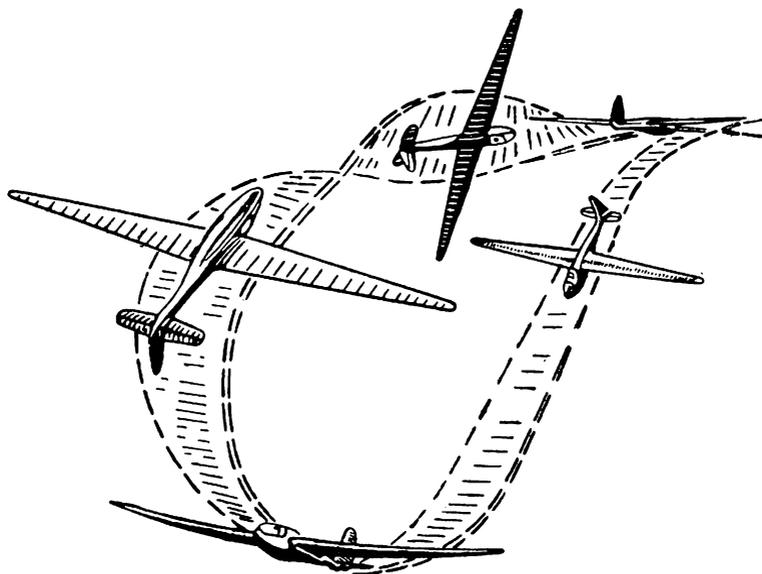


Abb. 141 a: Abschwung

darauf zu achten, daß die Fahrt bei Beginn des Herausnehmens mit Hilfe des Halbbloopings nicht zu groß ist. Ist dies der Fall, so sollte man von der Ausführung der Figur absehen und sie durch die zweite Hälfte der Rolle zum Abschluß bringen. Es ist weiterhin darauf zu achten, daß das Segelflugzeug nach Ausführung der Halbrolle, also in der Rückenlage, keine Schräglage aufweist.

### *Der Aufschwung*

Diese Figur entsteht aus einem Halbblooping und einer Halbrolle, wobei sich die Flugrichtung ebenfalls um  $180^\circ$  ändert. Das Hineingehen in den Aufschwung erfolgt ähnlich wie beim Looping, nur mit dem Unterschied, daß die Ausgangsgeschwindigkeit etwas größer ist.



*Abb. 141 b: Aufschwung*

Beim Aufschwung (wie auch beim Abschwung) gelten die gleichen Prinzipien, wie sie in der Beschreibung der Rolle und des Loopings enthalten sind.

Die Flugschüler haben beim Erlernen des Aufschwungs unmittelbar vor Beginn der Halbrolle fast immer erhebliche Schwierigkeiten beim Einhal-

ten der richtigen Fluglage zum Horizont. Ein zu früher Beginn der Halbrolle (zu hoch über dem Horizont) führt meistens zum Fahrtverlust und zum Durchfallen oder zum Trudeln. Dieser Fehler, verbunden mit zu starkem Drücken, kann sogar zum Rückentrudeln Anlaß geben (wenn das Seitenruder ausgeschlagen ist).

Ein zu tiefer Rollenbeginn unter dem Horizont führt zur unnötigen Fahrtzunahme und endet meist mit Flugrichtungs- und Höhenverlusten. Ein gut ausgeführter Aufschwung gehört also zu den schwierigeren Kunstflugfiguren.

### *Das Männchen*

Das Männchen ist eine Kunstflugfigur, bei der das Segelflugzeug mit entsprechender Fahrt zum senkrechten Steigflug gebracht wird und nach gänzlichem Fahrtverlust über den Kopf oder über den Rücken absackt, um danach aus dem Sturzflug abgefangen und in den Normalflug übergeführt zu werden.

Die Fahrt zur Ausführung des Männchens entspricht der des Turns und kann wie beim Turn erhöht werden, falls der Steigflug ausgedehnt werden soll.

Den Steigwinkel bestimmt man, indem man die Lage Flügelsehne – Horizont vergleicht. Nach völligem Fahrtverlust läßt man das Flugzeug rückwärts absacken. Der Knüppel darf in dieser Flugphase nicht losgelassen werden, da das Höhenruder durch die falsche Anblasrichtung zurückgeklappt und beschädigt werden könnte.

Da die Flugrichtung des Segelflugzeuges entgegengesetzt ist, ist auch die Reaktion auf die Ruder umgekehrt. Wird der Knüppel gezogen, geht das Segelflugzeug über Kopf in den Sturzflug, beim Drücken des Steuerknüppels geht es dagegen über den Rücken in die Sturzfluglage hinein.

Beginnt das Segelflugzeug in der gewünschten Weise in die Sturzfluglage hineinzugehen, so sind die Ruder in die Normallage zu bringen. Das betrifft vor allem das Höhenruder, da die übrigen Ruder sich bereits in neutraler Lage befinden. Unmittelbar nach Übergang in die steile Sturzfluglage muß mit dem Ziehen, d. h. mit dem Abfangen, begonnen werden. Fehler, die bei dieser Kunstflugfigur gemacht werden können, sind in zu geringer Fahrt bei Beginn der Figur, in der Kursabweichung und im Nichteinhalten des senkrechten Steigwinkels in der ersten Hälfte der Figur sowie im Flächenhängen zu suchen.

Alle Kunstflugfiguren können auch in der Rückenlage ausgeführt werden. Das erfordert jedoch eine ausgezeichnete Beherrschung der Steuertechnik. Die Beschreibung solcher Figuren geht allerdings über den Rahmen dieser Ausarbeitung hinaus.

### *Die Verbindung der Figuren*

Bislang wurden Kunstflugfiguren behandelt, die außer Abschwung und Aufschwung aus einem Element bestanden. Abschwung und Aufschwung setzten sich hingegen aus den Elementen der Rolle und des Loopings zusammen. Eben durch solche Verbindung von Elementen verschiedener Figuren kann man sein „Kunstflugrepertoire“ wesentlich erweitern. Es gibt unzählige Möglichkeiten; wollte man sie alle aufzählen, würde ein dickes Buch dazu notwendig sein.

Damit ist man aber noch lange nicht am Ende. Die richtige Ausführung der einzelnen Kunstflugfiguren ist nur die erste Etappe auf dem Wege, sich auf dem Gebiet zu vervollkommen. Es ist sozusagen die Kenntnis des Flugalphabets, aus dem die einzelnen Worte und schließlich ausdrucksvolle Sätze gebildet werden.

Den Kunstflug beherrscht man erst dann richtig, wenn die einzelnen sauber geflogenen Figuren zu einer in fliegerischer Hinsicht logischen Gesamtheit verbunden werden.

Wird unser Kunstflugrepertoire aufmerksam betrachtet, so kann man feststellen, daß es sich in Gruppen einteilen läßt. Zum Beispiel besitzen die Rolle und der Rückenflug die gemeinsame Eigenschaft, daß sich das Segelflugzeug stetig vom Anfangspunkt der Figur in annähernd bestimmter Richtung entfernt. Figuren wie Turn, Abschwung und Aufschwung sowie Halblooping ergeben eine 180°-Änderung. Looping, Männchen oder Trudeln werden annähernd über der gleichen Stelle ausgeführt, wobei sich keine Richtungsänderung und keine deutliche Verschiebung nach vorn, hinten oder nach beiden Seiten ergibt. Eine weitere Unterteilung würde noch zur Unterscheidung der Figuren mit kleiner oder großer Anfangsgeschwindigkeit führen.

Eine derartige Figureneinteilung erleichtert ihre Zusammenstellung zu einem Programm.

Bei der Bildung einer Figurengruppe muß man sich von gewissen, seit langer Zeit als richtig befundenen Prinzipien leiten lassen:

Alle Figuren sind auf einer bestimmten Flugbahn, die während der Ausführung der betreffenden Figurengruppe nicht zu verändern ist, auszuführen.

Man muß bemüht sein, die gesamte Figurengruppe über der gleichen, möglichst eng begrenzten Stelle des Geländes auszuführen.

Die Figuren folgen nacheinander und sind durch größere Höhenverluste oder längeres Fahrtaufholen nicht getrennt.

Richtungsänderungen werden durch entsprechende Figuren und niemals durch Kurven vorgenommen. Eine Ausnahme kann die Kurve im Rückenflug bilden.

Es sind niemals zwei gleiche Figuren nacheinander auszuführen, es sei denn, daß ihre Verbindung eine logische Einheit ergibt (eine Acht aus zwei Loopings, aus zwei Abschwüngen u. a.).

Die Qualität des Programms (unter der Bedingung der fehlerfreien Ausführung seiner einzelnen Figuren) bestimmt seine möglichst kurze Dauer. Ist der Kunstflug als Vorführung gedacht, so wird er vor und niemals über den Zuschauern ausgeführt, und zwar in solcher Entfernung, daß die „Erdenwürmer“ ohne „Genickstarre“ zuschauen können. Außerdem muß das Segelflugzeug vom Boden aus unter einem annähernd konstanten Winkel gesehen werden. Wenn das Segelflugzeug noch hoch ist, müßte es also gleichzeitig weiter entfernt sein, ist es bereits tiefer, muß es auch horizontal gemessen dem Zuschauer näher sein.

Ich nenne absichtlich keine vollständigen Figurengruppen, sondern überlasse die Zusammenstellung von Kunstflugprogrammen der hoffentlich recht schöpferischen Phantasie der Piloten.

# Verhalten in besonderen Fällen

Von KURT DEWERNER

Das Segelfliegen ist eine technische Sportart. Deshalb können auch hier wie überall in der Technik, unvorhergesehene Zwischenfälle auftreten, in denen die Fachkenntnisse und die praktischen Erfahrungen des Betroffenen auf eine besondere Probe gestellt werden. In der Flieger-Fachsprache werden solche unvorhergesehenen Ereignisse als „besondere Fälle“ bezeichnet. Was wir im Segelflug darunter verstehen und wie beim Auftreten von „besonderen Fällen“ reagiert werden muß, soll im folgenden erläutert werden.

Wichtigste Voraussetzung für einen unfallfreien Segelflugbetrieb ist die strikte Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen, die auf Grund langjähriger Erfahrungen zusammengestellt worden sind.

Im Interesse einer sicheren Durchführung des Flugbetriebes müssen folgende Forderungen ganz besonders beachtet werden:

1. Das Fluggelände muß für die jeweilige Ausbildung zugelassen und von Hindernissen frei sein.
2. Das zum Einsatz kommende Flug- und Bodengerät muß überprüft werden und den Sicherheitsbestimmungen entsprechen.
3. Die für den jeweiligen Flugbetrieb zulässigen Wetterbedingungen müssen beachtet werden.
4. Die fliegerische Ausbildung muß entsprechend dem Ausbildungsstand der Flugschüler vorbereitet werden.
5. Die Fluglehrer müssen über die notwendige Erfahrung und die entsprechende Ausbildungsberechtigung verfügen.
6. Die Flugzeugführer müssen ihren Fähigkeiten entsprechend eingesetzt werden.
7. Das Starthilfspersonal muß richtig angeleitet werden.

Bereits der Startvorgang kann durch das Versagen der dabei verwendeten Starthilfsmittel gestört werden. Dadurch können für den Flugzeugführer und das Starthilfspersonal schon hier bestimmte Gefahrenmomente eintreten. Beschäftigen wir uns also zunächst mit solchen Störungen, die bei den verschiedenen Startarten auftreten können.

### *Beim Gummiseilstart (SG 38)*

Bei dieser Startart unterliegt das Gummistartseil einer besonderen Beanspruchung. Reißt dieses Seil, so wird besonders der angeschnallte Pilot gefährdet. Er muß sofort zu seinem Schutz einen Arm vor das Gesicht halten.

Reißt das Halteseil, und das Flugzeug rutscht den Hang hinunter, dürfen die Füße nicht von den Pedalen genommen werden. Hebt das Flugzeug jedoch ab, dann sollte man versuchen, in Flugrichtung freizukommen und nach Flugauftrag zu fliegen.

### *Beim Windenschleppstart (SG 38)*

Der Flugzeugführer sitzt im Flugzeug und beobachtet, wie sich das Seil strafft. – Das Flugzeug setzt sich in Bewegung und bleibt plötzlich ruckartig stehen. Was ist zu tun?

Man kuppelt sofort aus und läßt die Füße auf den Pedalen. Das geschieht aus folgendem Grunde: Durch das ruckartige Anschleppen liegt das Schleppseil jetzt entweder in Schleifen vor dem Flugzeug und unter der Kufe oder sogar dahinter. Wenn jetzt bei einem Mißverständnis erneut angeschleppt würde, könnte sich das Schleppseil um die Kufe, um den Stoßdämpfer oder beim offenen SG sogar um die heruntergelassenen Füße schlingen. Eine schwere Verletzung des Piloten wäre die Folge.

Kurz nach dem Start kann der Tragflügel auf den Boden kippen. Durch das Schleifen des Tragflügels am Boden wird das Flugzeug aus der Startrichtung gezogen. Wie verhält man sich in diesem Falle?

Auch diesmal muß sofort ausgekuppelt werden, und die Füße bleiben auf den Pedalen. Andernfalls schleift der Tragflügel weiter am Erdboden, und das Fluggerät kann stark beschädigt werden, wobei die Füße bei offenen Gleitflugzeugen besonders gefährdet sind.

Wie verhält man sich nun aber, wenn die Schleppkupplung gezogen wurde, aber das Schleppseil nicht abfällt?

In diesem Falle kuppelt man noch mehrmals hintereinander sehr kräftig und möglichst ruckartig aus. Meistens fällt dadurch das Seil ab. Sollte das Schleppseil trotzdem hängenbleiben, wird geradeaus weitergeflogen. Man landet dann mit geöffneter Schleppkupplung.

Bei einem Hochstart, bei dem das Schleppseil wegen Nichtauskuppelung gekappt werden mußte, ist der Flugzeugführer verpflichtet, sofort zum Flugfeld zurückzukehren und unter ständigem Auskuppeln über dem

hindernisfreien Fluggelände zu kreisen. Dabei sind die Landeklappen voll auszufahren, und die Fluggeschwindigkeit ist um etwa 15 km/h gegenüber der normalen Gleitfluggeschwindigkeit mit voll ausgefahrenen Landeklappen zu erhöhen. Die Vollkreise sind so zu fliegen, daß sie spätestens in 15 Meter über Grund über der hindernisfreien Fläche des Flugfeldes beendet werden können. Dabei ist das Flugzeug in Landerichtung zu bringen. Die Landung erfolgt bei leicht erhöhter Geschwindigkeit und mit geöffneter Schleppkupplung.

### *Beim Flugzeugschleppstart*

Auch bei dieser Startart können verschiedene Störungen auftreten. So kann während des Anrollens der Motor des Schleppflugzeuges aussetzen, während sich das Segelflugzeug noch auf dem Boden befindet. In solchem Fall muß der Segelflugzeugführer sofort auskuppeln und mit dem Segelflugzeug nach der hindernisfreien Seite ausweichen. Nähert sich das Segelflugzeug dennoch dem Schleppflugzeug, und es besteht die Möglichkeit des Aufeinanderprallens, so ist die Tragfläche nach der Ausweichrichtung auf den Boden zu legen.

Befindet sich das Segelflugzeug in geringer Höhe über dem Boden, und der Motor des Schleppflugzeuges setzt aus, so muß der Segelflugzeugführer das Schleppseil sofort auskuppeln und eine mäßige Kurve nach der hindernisfreien Seite ausführen. Dabei ist darauf zu achten, daß die Schräglage in der Kurve nicht zu groß ist, damit eine Berührung der Tragfläche mit dem Erdboden vermieden wird.

Haben beide Flugzeuge schon eine größere Höhe erreicht, und der Motor des Schleppflugzeuges setzt aus, dann muß der Segelflugzeugführer sofort auskuppeln und je nach Flughöhe, Windstärke und Windrichtung die Landung auf dem Flugplatz oder einem Notlandeplatz vornehmen. In geringer Höhe darf der Segelflieger keine Rückkehr zum Flugplatz versuchen.

Wenn das Schleppseil während des Schleppfluges reißt oder am Schleppflugzeug auskuppelt, muß der Segelflugzeugführer versuchen, den Flugplatz zu erreichen und dort das Seil abwerfen. Ein planloses Abwerfen des Schleppseiles in das Gelände könnte Menschen und Tiere gefährden oder auch Sachschaden an Hochspannungsleitungen usw. anrichten. Befindet sich das Segelflugzeug in geringer Höhe (weniger als 100 Meter über Grund), so muß das Schleppseil jedoch sofort abgeworfen werden.

Kuppelt das Schleppseil am Motorflugzeug und am Segelflugzeug aber

nicht aus, so muß der Segelflugzeugführer energisch nach links und rechts wegkurven. Dabei ist die Schleppkupplung ständig zu betätigen.

Wird durch diese Maßnahme nun kein Auskuppeln oder Reißen des Schleppseiles erzielt, so muß im Schleppzug zur Landung übergegangen werden. Der Segelflugzeugführer muß bei der Landung im Schleppzug darauf achten, daß sein Flugzeug früher als das Motorflugzeug aufsetzt.

Jeder Flugzeugführer ist verpflichtet, den Start sofort abzubrechen, wenn ihm ein Fremdkörper ins Auge fliegt und er dadurch an der Sicht gehindert wird. Bei Nichtbeachtung könnte er sich selbst sowie das Gerät gefährden.

Beim Auftreten eines Ohnmachts- oder Schwächegefühls sowie bei einem starken Unsicherheitsgefühl ist ebenfalls ein sofortiges Abbrechen des Starts erforderlich.

Erreicht das Segelflugzeug während des Schleppfluges im Winden- oder Flugzeugschleppstart die höchstzulässige Schleppgeschwindigkeit, so muß der Segelflugzeugführer durch entsprechende Zeichen den Windenmechaniker oder den Schleppflugzeugführer auf diesen Umstand aufmerksam machen. Wird die Schleppgeschwindigkeit nicht herabgesetzt, ist der Segelflugzeugführer verpflichtet, auszukuppeln.

### *Beim Fliegen*

Zu den besonderen Fällen während des Fluges gehören alle Ereignisse und Umstände, bei denen ein Gefahrenzustand entsteht und eine vorzeitige Beendigung des Fluges notwendig wird.

Die Ursachen hierfür können verschieden sein, z. B. Versagen des Motors der Schleppwinde oder des Schleppflugzeuges beim Start, Seilriß, Schäden am Flugzeug, schlechter Gesundheitszustand des Flugzeugführers oder eine gefährvolle Wetterentwicklung.

Das Verhalten des Segelfliegers ist von der Art des Vorkommnisses und von der Flughöhe abhängig. Entscheidend ist das entschlossene und folgerichtige Handeln, wobei die besondere Sorge immer der Erhaltung des Menschenlebens gilt. Nun einige Beispiele zu diesem Thema:

Wird das Segelflugzeug in einer Kurve zu langsam geflogen, so rutscht (schmiert) es in die Kurve hinein. Der Segelflugzeugführer muß in diesem Falle sofort nachdrücken, um Fahrt aufzuholen und dabei Quer- und Seitenruder gegen die Rutschbewegung geben.

Ist das Segelflugzeug beim Hangsegeln in das Leegebiet geraten – bemerkbar macht sich das durch starkes Sinken des Flugzeuges und starke

Böigkeit – muß der Pilot sofort versuchen, Fahrt aufzuholen und aus dem Leegebiet herauszufliegen. Gelingt das nicht, so ist ein geeigneter Landeplatz zu suchen und einzulanden.

Stellt man fest, daß das Flugzeug bei einem Flug keine Höhe verliert, sondern im Gegenteil noch Höhe gewinnt, obwohl man keinen Thermikflug beabsichtigt, so werden die Klappen betätigt, um die Sinkgeschwindigkeit zu erhöhen. Dabei sind aber die Landeklappen während des Kurvenfluges einzufahren.

Treten während des Fluges starker Regen, Hagel, Schneefall oder Nebel auf, so muß der Pilot rechtzeitig entscheiden, ob der Flug unter Veränderung des Flugweges und der Flughöhe fortgesetzt werden kann oder ob auf dem Flugplatz oder einem geeigneten Notlandefeld zu landen ist. Sobald Wetterverschlechterung bei Platzflügen auftreten, besteht die Pflicht, den Flug abubrechen und zu landen.

Beginnt während des Fluges eine Vereisung des Segelflugzeuges, so sind die Landeklappen in kurzen Abständen zu betätigen, um die Eisbildung im Bereich der Landeklappen zu beseitigen. Damit die Landeklappen nicht festfrieren, dürfen sie nicht zu lange in einer Lage verbleiben.

Wird trotz dieser Maßnahmen die Vereisung des Segelflugzeuges stärker, so ist die Flughöhe zu ändern oder der Flug abubrechen.

Werden am Segelflugzeug während des Fluges lebenswichtige Teile beschädigt, die aber eine Steuerung des Segelflugzeuges noch zulassen, so muß der Pilot die Landung auf dem nächsten Landeplatz durchführen. Eine übermäßige Beanspruchung des Flugzeuges durch scharfe Kurven und hohe Fluggeschwindigkeit ist dabei zu vermeiden.

Verliert das Segelflugzeug durch Bruch oder Beschädigung lebenswichtiger Teile die Flugsicherheit und eine Notlandung ist nicht möglich, so ist der Pilot verpflichtet, das Flugzeug mit dem Fallschirm zu verlassen. Auf welche Art dies geschieht, wird sich jeweils nach Situation, Flugzeugtyp und Fluglage richten. Jeder Flieger muß deshalb über den Notabwurf der Kabinenverkleidung unterrichtet sein. Diese Einweisung hat bereits vor der Umschulung auf die einzelnen Segelflugzeugtypen durch den Fluglehrer zu erfolgen.

### *Beim Landen*

Besondere Fälle bei der Landung finden ihre Ursache meist in einem vorzeitig abgebrochenen Flug, der das rechtzeitige Erreichen des festgelegten Landefeldes nicht ermöglicht.

Wie in allen besonderen Fällen ist hier ebenfalls eine schnelle und folgerichtige Reaktion des Segelfliegers erforderlich. Falls das Erreichen des Flugplatzes nicht möglich sein sollte, ist ein geeignetes Notlandefeld aufzusuchen. Muß man in hohem Getreide landen, so betrachtet man die Halmspitzen als Erdoberfläche und setzt im Sackflug auf.

Eine Waldlandung verläuft insofern ähnlich, als man die Baumspitzen als Erdoberfläche betrachtet. Bleibt bei einer Landung auf Hochwald das Segelflugzeug in den Baumkronen hängen, so muß man darauf achten, daß man beim Aussteigen das Flugzeug nicht zum Absturz bringt; bei Waldlandungen ist nämlich die Bergung des Flugzeuges oft ohne größere Beschädigungen möglich.

In Bergen und Schluchten werden die Landungen nach Möglichkeit auf einem ebenen Platz durchgeführt. Man landet immer vom Fuß des Berges hangaufwärts. Ist der Platz so klein, daß die Gefahr des Auftreffens auf ein Hindernis oder des Abgleitens von einem Steilhang besteht, so ist es besser, eine Tragfläche des Flugzeuges auf den Erdboden zu legen. Eine Notlandung auf dem Wasser ist in unseren Breitengraden fast immer vermeidbar. Sollte sie aber doch einmal erforderlich sein, so ist folgendes zu beachten:

Die Landung wird bei starkem Wind, aber auch bei Windstille ohne Dünung (Seegang) gegen den Wind auf dem Wellenkamm vorgenommen. Bei Dünung und wenn die Windstärke 8–10 m/s nicht übersteigt, erfolgt die Landung längs des Dünenkammes. Die Windgeschwindigkeit erkennt man daran, daß das Wasser mit schaumgekrönten Wellen bedeckt ist, der Schaum aber nicht von den Wellenkämmen gerissen wird. Die Sturzflugbremsen werden nicht ausgefahren, da sonst beim Aufsetzen ein Drehmoment um die Querachse entsteht, das zum Unterschneiden des Flugzeuges unter die Wasseroberfläche führt. Auch hier sollte man wieder mit niedrigster Landegeschwindigkeit aufsetzen.

Vor der Landung auf dem Wasser sind die Kragen aufzuknöpfen, alle Riemen und Schnallen vom Hals zu entfernen und der Fallschirm abzulegen.

Generell ist zum Kapitel „Notlandungen“ noch zu sagen, daß alle Notlandungen nach Möglichkeit in der Nähe von Wohnstätten erfolgen sollen, damit man sofort Hilfe bekommen kann.

Die hier geschilderten „besonderen Fälle“ bilden keineswegs eine absolute Gebrauchsanleitung, sondern sollen vor allem zum Nachdenken anregen und bei der Segelflugausbildung beachtet werden.

Niemand aber sollte nun annehmen, daß das Segelfliegen eine besonders gefährliche Angelegenheit sei. Im Verhältnis zu den vielen tausend Starts und Flugstunden ist die Zahl der „besonderen Fälle“ sehr gering. Die weitere technische Entwicklung der Segelflugzeuge, der Startmethoden und Starthilfsmittel wird ihr Auftreten weiter mindern, allerdings wohl nicht ganz ausschalten. Es ist deshalb notwendig, durch eine intensive, umsichtige Erziehungsarbeit in der Segelflugausbildung dem Auftreten von „besonderen Fällen“ entgegenzuwirken. Die Sorge um den Menschen, die Erhaltung seiner Gesundheit und seines Lebens stehen bei uns an erster Stelle. Flugsicherheit geht vor Leistung. Das ist ein festes Grundprinzip, nach dem jeder Flugschüler in unserer Republik ausgebildet wird.

# Flugmedizin für Segelflieger

Von Dr. J. HOLLAN (CSR)

Als See- oder Luftkrankheit (fachmännisch Kinetosa) bezeichnet man die Störung, die durch die Überbeanspruchung des menschlichen Körpers entsteht, wenn dieser für gewisse Zeit ungewohnten Kräften und verschiedenen Lagen ausgesetzt ist. Die hauptsächlichste Ursache dieser Krankheit ist die Reizung der Ohrenlabirinthe und die direkte Reizung des vegetativen Nervensystems durch die erzwungene Bewegung des menschlichen Inneren. Die ersten Anzeichen der Luftkrankheit sind das Schwinden des Interesses an der Umgebung und am Flug selbst. Der Erkrankte erbleicht im Gesicht und auf seiner Stirn tritt Tropfenschweiß auf. Gleichzeitig treten Störungen der Herzstätigkeit ein, die Atmung wird oberflächlich, und ein Unwohlsein des Magens steigert sich bis zum Erbrechen. Oft sind diese Beschwerden so stark, daß sie den Piloten zur vorzeitigen Landung zwingen.

Zum Entstehen des Unwohlseins trägt auch sehr viel die Reizung des Geruchsweges und der Augen bei. Unangenehm wirkt sich z. B. im Steilkreis der Blick über den abwärts gerichteten Flügel auf die Erde aus. Andere wieder vertragen die Benzindämpfe nicht, der stärkste Reiz aber geht von dem saueren Geruch des Erbrochenen, auch von dem Anblick eines Mitfliegenden aus, der sich unwohl fühlt. Dem widersteht auch der sonst sehr widerstandsfähige Flieger schwer.

Das Entstehen dieser Krankheit ist von der angeborenen, aber auch von der erworbenen Widerstandsfähigkeit des einzelnen, von seinem momentanen Gesundheitszustand und von seiner gesamten Kondition abhängig. Der Mangel an Sauerstoff, ein leerer oder überfüllter Magen sowie der Mangel an Schlaf tragen zum Entstehen des Unbehagens bei. Einen großen Einfluß hat auch der Umstand, ob der Pilot das Flugzeug selbst steuert, oder ob er nur als Gast mitfliegt.

Noch einige Worte zur Vorbeugung der Fliegerkrankheit. Es ist auf jeden Fall vorteilhaft, daß schon bei der Auswahl diejenigen Bewerber auszuscheiden sind, die an und für sich zum Unwohlsein neigen. Es ist für sie selbst zum Vorteil und im Interesse ihrer Fluggruppe. Hier geht es um eine Neigung, die zum größten Teil angeboren ist. Der Betroffene wird für gewöhnlich, wenn nach der Grundausbildung größere Anforderungen an ihn gestellt werden, das Interesse am Fliegen verlieren. So kann er niemals einen größeren Erfolg erreichen und wird in den meisten Fällen das

Fliegen von selbst einstellen. Wenn wir uns vorstellen, wieviel Zeit und Mühe die Schulung eines Piloten kostet, so wäre das ein großer Verlust. Bei einigen Piloten stellen sich die Beschwerden nicht in solchem Maße ein, daß ihnen vom weiteren Fliegen abgeraten werden müßte. Bei diesen genügt es, wenn sie bestimmte Gesundheitsgrundsätze einhalten, wodurch jegliche Störungen vermieden werden können.

Das Fliegen darf nur bei bester körperlicher und geistiger Kondition betrieben werden. Schon bei Verdauungsstörungen und leichteren Krankheiten (Erkältung) sollte es unterbleiben. An Flugtagen hat die Esseneinnahme so zu erfolgen, daß sie mindestens eine Stunde vor dem Start durchgeführt wird. Vor dem Start nicht unnötig viel Flüssigkeit zu sich nehmen und solche Speisen unterlassen, die die Magenschleimhäute reizen. Ebenso schädlich ist es allerdings, mit nüchternem Magen zu fliegen. Bei längeren Flügen sind einige Erfrischungen mitzunehmen und diese während des Fluges in kleineren Mengen zu sich zu nehmen. Am besten sind Schokolade, Keks, eine Semmel mit Butter sowie Obst (Äpfel). An Flüssigkeiten läßt sich kalter Tee, Zitrone oder Johannisbeersaft, allerdings nur schluckweise getrunken, empfehlen. Ein sehr beliebtes Mittel gegen Erbrechen ist ein Stück trockenes Brot. Dagegen kann man Wurst, gebratenes Fleisch und fette Speisen als unvorteilhaft anführen. Blähende und schwer verdauliche Nahrung soll an Flugtagen nicht verwendet werden. Zur Erreichung einer größeren Widerstandsfähigkeit tragen sämtliche Sportarten bei, bei denen die Veränderung der Körperlage und die Geschwindigkeit der Bewegung im Vordergrund stehen. Als besten Ausgleichssport für das Fliegen kann man das Geräteturnen und die Bodengymnastik ansehen. Als „Spezialeinrichtungen“, die zur erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen die Luftkrankheit beitragen, sind die Luftschaukel, die Walzerbahn, die Loopingluftschaukel und das Riesenrad zu empfehlen. Durch dieses Training kann sich die Widerstandskraft um etwa 80% erhöhen.

### *Die Beschleunigung und ihre Auswirkungen*

Die Beschleunigung ist die Zunahme der Geschwindigkeit in der Einheit der Zeit. Diese ist direkt proportional der Kraft, die auf den Körper wirkt und indirekt seiner Masse. Bei der Veränderung der Geschwindigkeit sprechen wir von einer gleichbleibenden Beschleunigung, bei der Veränderung der Richtung von einer Winkelbeschleunigung (radial). Zur Begründung des Vergleichs benutzen wir als Grundlage die Erdbeschleunigung,

die uns die Erdanziehungskraft erteilt. Wir bezeichnen sie mit dem kleinen Buchstaben „g“, und ihre Größe beträgt 9,81 m/s. Die Kraft, welche sie hervorruft, ist gleich der Schwere des Körpers. Hören wir z. B., daß ein Segelflugzeug das Sicherheitsmehrfache von 8 g besitzt, so bedeutet das, daß es mehr als das 8fache der Kraft aushält, die bei normalem Gleitflug entsteht. Ist ein Mensch, der 80 kg wiegt, einer Beschleunigung von 8 g ausgesetzt, so drückt er mit 640 kg auf seine Unterlage.

Die Beschleunigung macht sich beim Fliegen immer dann bemerkbar, wenn es zu einer Geschwindigkeitsänderung oder einer Änderung der Flugrichtung kommt. Also beim Start, beim Landen, bei Kurven und vor allem beim Kunstflug. Einen hohen Wert erreicht die Beschleunigung beim Abfangen aus dem Sturzflug.

Entscheidend für die körperliche Widerstandsfähigkeit ist die Richtung und die Zeitdauer, in der die Beschleunigung auf uns wirkt. In Richtung Brust – Rücken ertragen wir das Mehrfache, wenn die Zeitdauer der Einwirkung kurz ist. Auf dem Schleudersitz eines Flugzeugs mit Strahltriebwerk erträgt der Flieger beispielsweise 25 g. Bei Havarien wird der Körper noch höheren Werten ausgesetzt, und der Pilot kommt oft mit dem Leben davon. In diesem Fall wirkt diese Kraft nur Bruchteile einer Sekunde. Wichtig hierbei ist, daß die Anschnallgurte richtig liegen, so daß der Stoß sich auf eine größere Fläche ausdehnt. Die radiale Beschleunigung (Zentrifugalkraft) ist allerdings ein großes Problem. Wirkt die Kraft in Richtung Kopf – Becken des menschlichen Körpers, wie es beim Steilkreis, beim Abfangen aus dem Sturzflug, beim Looping und ähnlichem der Fall ist, erträgt der widerstandsfähige Mensch 5 g für die Zeit von 6 bis 7 sec. Wirkt die Kraft allerdings in umgekehrter Richtung, nämlich zum Kopf, so verträgt er nicht mehr als 3 g. Bei der Wirkung der Kraft in Längsrichtung des menschlichen Körpers kommt es zu Störungen des Blutkreislaufes im Gehirn. Dies ist vor allem bei Höhenflügen zu beachten, bei denen der Sauerstoffdruck niedriger ist, so daß die Störungen schon früher eintreten können.

### *Blindflug*

Beim Instrumentenflug, bei dem der Pilot keine Blickverbindung mit der Erde hat, unterliegt er oft falschen Vorstellungen über die tatsächliche Lage seiner Maschine. Gleichzeitig hat er das Gefühl, daß er gerade die umgekehrten Bewegungen tätigt, als ihm dies die Instrumente anzeigen und es der Wirklichkeit entspricht. Diese falschen Vorstellungen nennen wir

Illusionen. Demgegenüber braucht ein täuschendes Gefühl noch nicht als Illusion angesehen zu werden, denn es entsteht auf Grund äußerlicher Einwirkungen, die durch die ungewöhnliche Umgebung entstehen und im Unterbewußtsein mit anderen Situationen verbunden werden als mit denen, in welchen man sich befindet.

Warum entstehen nun gerade beim Flieger und beim Blindflug diese Erscheinungen? Während des Fluges wirken auf den Piloten Kräfte ein, mit denen er auf der Erde nicht in Berührung kommt. Auf der Erde informieren ihn seine Sinnesorgane über Lage und Bewegung ausreichend, während sie für den Flug unvollständig sind. Auf den Flieger wirken die vertikale Bewegung, die Zentrifugalkraft und die freie Bewegung allgemein. Würde er sich beim Blindflug nur nach seinen Gefühlen richten, würde es zur Katastrophe führen.

Kreist der Pilot beispielsweise, so wirken auf ihn Kräfte, die so ausgeglichen sind, daß er senkrecht in den Sitz gedrückt wird. Hat er in diesem Augenblick nicht die Sehkontrolle, so kann er niemals die Neigung des Flugzeuges feststellen. Beim Einleiten des Trudels entsteht zwar für einige Momente das Gefühl des erhöhten Sitzdruckes, manchmal auch das Gefühl der Rotation. Nach einer Weile hat man sich jedoch daran gewöhnt, und das Gefühl stellt keinen Unterschied zum Geradeausflug fest. Erst dann, wenn die Kraft, der man ausgesetzt war, zu wirken aufhört, fühlt man diese Veränderung, jedoch nicht als Rückkehr in die Normallage, sondern als Gefühl im umgekehrten Sinn. Dieser beschriebene Umstand ist die Ursache der Entstehung von Illusionen. Bei weniger erfahrenen Personen treten diese Sinnestäuschungen früher als bei erfahrenen Piloten auf, die es gelernt haben, mit ihrem Willen diese Gefühle richtig zu beherrschen. Bei Anfängern und Fliegern mit weniger Erfahrung kann die Täuschung der Sinnesorgane bis zur Ratlosigkeit führen, denn sie glauben weder sich noch den Instrumenten. Oftmals suchen sie dann den Ausweg darin, daß sie die Maschine ihrem eigenen Schicksal überlassen. Andere wieder geben sich dem täuschenden Gefühl hin und können durch eine so beeinflusste Ruderbetätigung eine Katastrophe herbeiführen.

Man sollte sich deshalb nur auf das Gesehene und auf das, was die Instrumente anzeigen, verlassen.

Den täuschenden Gefühlen begegnen wir während des Blindfluges, bei dem sie eine ständige Erscheinung darstellen. Meist entstehen sie beim Kreisen und besonders dann, wenn hierbei die Geschwindigkeit geändert oder das Segelflugzeug aufgerichtet wird. Auch taucht beim Kreisen oft das

Gefühl auf, daß man geradeaus fliegt; das ist besonders dann der Fall, wenn die Schräglage gleichmäßig ist und die Geschwindigkeit nicht geändert wird. Demgegenüber entsteht beim Aufrichten des Segelflugzeuges plötzlich das Gefühl einer starken Rotation in entgegengesetzter Richtung. Beim Kreisen in den Wolken kann das Gefühl, immer geradeaus zu fliegen, für die gesamte Dauer des Fluges bestehen. Beim nachfolgenden Aufrichten kann das unangenehme Gefühl der Rotation entstehen, das allerdings höchstens eine Minute anhält. Es wird durch die Reizbarkeit des Vorhofes des Ohres beeinflusst und ist mehr oder weniger von der Geschwindigkeit des vorangegangenen Kreisens abhängig.

Bei Übungsflügen nach den Instrumenten ist es wichtig, sich beherrschen zu lernen, um die täuschenden Gefühle auf ein Mindestmaß zu beschränken. Für dieses Training eignet sich am besten der Link-Trainer oder ein Doppelsitzer, bei dem man einen Sitz zur Übung des Instrumentenflugs mit Vorhängen ausstatten kann.

### *Höhenflüge und Fliegergesundheit*

Die Ausdehnungsfähigkeit der Luft macht sich hauptsächlich in den Körperteilen bemerkbar, in denen Hohlräume vorhanden sind. Das ist vor allem der Hohlraum des Mittelohres. Die Veränderung des Druckes in diesem Hohlraum wird mittels der Eustachischen Röhre ausgeglichen. Beim Steigflug entweicht die sich ausdehnende Luft in den Nasenrachen. Das geschieht auch dann noch, wenn die oberen Atmungsorgane einer leichten Erkrankung unterliegen und die Eustachische Röhre weniger durchgängig ist; es entstehen keine weiteren Störungen. Anders ist es beim Abstieg, bei dem in dem Hohlraum des Mittelohres ein relativer Unterdruck entsteht; hier ist das Ausgleichen des Druckes schwieriger. Bei einem zu raschen Abstieg können auch bei einem gesunden Menschen Schädigungen eintreten, wenn ihm nicht bekannt ist, in welcher Art er die Durchgängigkeit der Eustachischen Röhre erhöhen kann. Diese ist nicht immer geöffnet, öffnet sich aber automatisch bei Schluckbewegungen, oder durch das Verschieben oder Seitwärtsbewegen des Unterkiefers. Der erfahrene Flieger macht diese Bewegungen schon im Unterbewußtsein.

Wie macht sich die schlechte Durchgängigkeit der Eustachischen Röhre bemerkbar?

Beim aufsteigenden Flug sind diese Beschwerden selten, beim abwärts gerichteten Flug jedoch wird das Trommelfell durch den ständig wachsenden Druck nach innen gedrückt. Man verspürt in den Ohren das bekannte

Taubwerden, als hätte man Wasser im Ohr. Bei einem Druckunterschied von 30 mm Hg empfindet man bereits Schmerzen, bei 60 mm Hg ist dieser Schmerz schon unerträglich und bei 100 – 500 mm Hg platzt das Trommelfell, das Ohr beginnt zu bluten und durch die Reizung des Ohrenlabyrinthes kann es zu schweren Schwindelanfällen und zur Desorientierung kommen. Ähnlich verhält es sich mit Stirn- und Wangenhöhlen, die ebenfalls einem gewissen Unterdruck ausgesetzt sind. Sobald sie eine schlechte Verbindung mit der Nase haben, beginnen sie zu schmerzen. In schweren Fällen kann es durch den Bluterguß zum Loslösen der Schleimhäute kommen, die diese Hohlräume bedecken.

Wie kann man diesen Komplikationen aus dem Wege gehen?

Grundsätzlich sollten wir bei Erkrankungen, die eine schlechte Durchgängigkeit der Eustachischen Röhre nach sich ziehen, nicht fliegen. Ist ein Flug aber notwendig, benutzt man vor und auch während des Fluges Tropfen, die diese Durchgängigkeit herbeiführen.

Beim Abstieg muß man immer darauf bedacht sein, den Luftdruck im Mittelohr auszugleichen. Sobald aber die Schlingbewegungen und auch andere Versuche nicht helfen, so hilft nur noch eines: Durch das Zuhalten der Nase bei gleichzeitigem Ausatmen und Schlucken erreicht man die Erhöhung des Druckes in der Nase und im Nasenrachen. Sollte auch das nicht helfen, so ist es am besten, den Abstieg zu unterbrechen und den Versuch nochmals zu wiederholen. Halten die Schmerzen noch nach der Landung an, ist es ratsam, den Arzt aufzusuchen.

Wie wirken die Gasbläschen in den Verdauungsorganen?

Gasbläschen in den Gedärmen verursachen nur bei stärkerem Steigflug Schwierigkeiten, sobald sie ihr Volumen vergrößern, denn sie rufen eine schmerzhaft Spannung in den Darmwänden hervor. Durch das Anheben des Zwerchfells wird die Atmung beeinträchtigt, was in großen Höhen dazu führen kann, daß nicht genügend Sauerstoff im Blut vorhanden ist. Es wird deshalb empfohlen, vor oder während der Zeit der Höhenflüge keine blähende Nahrung zu sich zu nehmen (z. B. Hülsenfrüchte, Birnen, frisches Brot u. ä.). Ebenso falsch ist es, vor dem Flug Soda- oder Mineralwasser, die große Mengen Gasbläschen abscheiden, zu trinken. Während des Fluges sollte man mit allen Mitteln den Gasen Abgang verschaffen. Bei Bauchschmerzen kann eine leichte Massage helfen, am sichersten ist jedoch der Abstieg in tiefere Regionen.

## *Höhenflüge und der Mangel an Sauerstoff*

Die Zusammensetzung der Atmosphäre ändert sich mit zunehmender Höhe nur wenig. Praktisch wird damit gerechnet, daß in der Luft 21 % Sauerstoff und 78 % Stickstoff enthalten sind, der Rest aus Wasserdampf, seltenen Gasen und Kohlendioxyd besteht. Mit zunehmender Höhe nimmt das Volumen der Gase zu, aber unsere vitale Kapazität (d. h. die Menge Luft, die wir auf einmal einatmen können) nimmt nicht zu. So atmen wir beispielsweise in einer Höhe von 5 400 m nur die halbe Menge der Sauerstoff- und Stickstoff-Moleküle ein. In einer Höhe von 11 500 m atmen wir selbst bei Zuführung von reinem Sauerstoff nur soviel ein, wie wir ohne Maske auf der Erde auch einatmen würden. Die Ausnutzung des Sauerstoffes durch den Körper ist in diesen Höhen geringer. Auf Grund des niedrigen barometrischen Druckes wird er vom Körper schlechter absorbiert, weil die Lungenbläschen mehr CO<sub>2</sub> und Wasserdampf ausscheiden und dadurch den eingeatmeten Sauerstoff verdünnen. Entscheidend für die Versorgung des Organismus mit Sauerstoff ist also der Teildruck dieses Gases in den Lungenbläschen. Damit der Mensch ohne größeren Schaden existieren kann, ist der O<sub>2</sub>-Mindestdruck von 45 mm Hg in den Lungenbläschen notwendig. Das ist beim Einatmen von reinem Sauerstoff in einer Höhe von 12 500 m noch garantiert. Der Luftdruck beträgt hier allerdings nur 123 mm Hg, aber in der Lunge beteiligen sich noch das CO<sub>2</sub> mit 40 mm Hg und der Wasserdampf mit 47 mm Hg. Über 12 500 m sind die O<sub>2</sub>-Moleküle schon so zerstreut, daß auch beim Einatmen von reinem Sauerstoff Todesgefahr besteht.

Wie macht sich der Sauerstoffmangel bemerkbar?

In einer Höhe von 3 – 4 000 m treten einige regulierende Tätigkeiten auf, die den Sauerstoffmangel im Blut ausgleichen sollen. Das ist eine größere Herztätigkeit, ein schnelleres und tieferes Atmen. Einige Flieger verspüren hierbei eine Wärmeentwicklung im Gesicht, andere wieder einen verstärkten Blutandrang im Kopf. Mit zunehmender Höhe stellen sich Schädigungen ein, die direkt mit der verminderten Tätigkeit der Hirnrindenzellen zusammenhängen. Es sind die ersten Warnzeichen des Sauerstoffmangels, die oft auch völlig unauffällig sind. Der Flieger muß es aber verstehen, die Anzeichen zu erkennen. Ein jeder empfindet sie anders, und es ist besser, sie am eigenen Körper auszuprobieren. Selbstverständlich hat das unter ärztlicher Aufsicht entweder in der Unterdruckkammer oder bei einem Flug im Motorflugzeug zu geschehen.

Das erste Stadium des Sauerstoffmangels ist die Aufregung als Reaktion des Körpers, der sich gegen den Mangel wehrt. Es läßt sich auch durch die abgeschwächte Tätigkeit der vegetativen Zentren des Gehirns mit darauf folgender erhöhter Reizbarkeit erklären. Bei andauerndem Sauerstoffmangel entwickelt sich im weiteren der Höhenrausch, der ähnlich dem Alkoholrausch ist. Der davon befallene Flieger hat das Gefühl der Zufriedenheit, Freiheit und ist voller Selbstvertrauen und guter Laune. Gleichzeitig verliert er aber die Selbsteinschätzung, das Gefühl der Verantwortung vermindert sich, und das Denken wird ungenau. Er leidet unter dem Unvermögen, ganz gewöhnliche, ständig vorkommende Probleme zu lösen. Der Flieger kann sich nicht konzentrieren und es bereitet ihm Schwierigkeiten, die Angaben der Bordinstrumente abzulesen. Manchmal macht sich auch eine gefährliche Zähigkeit in der Verfolgung eines bestimmten Zieles, ungeachtet der eigenen Sicherheit, bemerkbar. Beim Segelfliegen kann so der Wille, die größtmögliche Höhe zu erreichen, tragisch enden. In Höhen über 6000 m schreitet das Aussetzen der Gehirnzentren rasch fort, der Flieger schläft ein, verliert das Bewußtsein und sobald er die kritische Höhe überschreitet, ist er in wenigen Minuten tot.

Die Widerstandsfähigkeit des einzelnen gegen Sauerstoffmangel ist verschieden. Wichtig ist die angeborene Eigenschaft, aber noch mehr ist die augenblickliche Kondition und der Gesundheitszustand des Fliegers maßgebend. Häufig wird sie schon durch leichtere Erkrankungen mit gering erhöhter Körpertemperatur beeinflusst. Ebenfalls verringert ungenügender Schlaf diese Widerstandskraft. Verderblich ist schon die geringste Menge Alkohol. Ist der Mangel an Sauerstoff mit Anstrengung und Aufregung verbunden, treten die Schädigungen besonders früh auf. Ist der Aufstieg schnell, so hält es ein widerstandsfähiger Flieger in 7000 m Höhe für 10 bis 15 Minuten ohne besondere Schwierigkeiten aus. Damit kann man allerdings in der Praxis nicht rechnen, denn die Grenze, wo diese Schädigungen auftreten, ist bei jedem einzelnen verschieden.

Zur Flugsicherheit ist deshalb die Einhaltung verschiedener Grundsätze notwendig:

- a) Vor den Versuchen, größere Höhen zu erreichen, muß man sich einer Prüfung in der Unterdruckkammer oder einem Versuchsflug mit dem Motorflugzeug unterziehen.
- b) Zu Höhenflügen darf man nur aufsteigen, wenn man sich gründlich darauf vorbereitet hat, ausgeruht ist und sich in einem tadellosen Gesundheitszustand befindet.

- c) Vor dem Start muß die Funktion des Sauerstoffgerätes und die O<sub>2</sub>-Reserve überprüft werden.
- d) In Höhen über 4000 m muß das Sauerstoffgerät benutzt werden.
- e) Während des Fluges muß der Durchlauf des Sauerstoffes und der Druck in den Flaschen ständig kontrolliert werden.
- f) Höhen über 12 000 m kann man nur für kurze Zeit unter Verwendung des Überdrucksauerstoffgerätes überschreiten. Zur Überschreitung dieser Höhen ist eine Überdruckkabine unbedingt erforderlich. Machen sich Anzeichen des Sauerstoffmangels bemerkbar, muß bei gleichzeitiger Anwendung der Sauerstoffdusche (kurzzeitiger Überdruck in der Maske) der Aufstieg schnell abgebrochen werden.

### **Die Erfahrungen aus Rekordhöhenflügen**

Um die Gefahren eines Höhenfluges richtig einschätzen zu können, sei abschließend dem tschechoslowakischen Rekordflieger B. Dockal, der die Höhe von 9325 m erreichte, das Wort erteilt.

„Es war schon immer mein Ziel, einen neuen Höhenrekord aufzustellen. Seit mehreren Jahren hatte ich mich darauf vorbereitet und benutzte jede Gelegenheit, mich in der Flugzeugführung und im Blindflug in den Wolken zu vervollkommen. Das Wetter hatte lange meine Pläne durchkreuzt, aber ich ließ mich nicht entmutigen und führte das Sauerstoffgerät ständig bei mir. Genauso begleiteten mich bei jedem Flug warme Pelzstiefel. Oft war ich den Angriffen und den Hänseleien des Segelfliegerkollektivs ausgesetzt, aber schließlich ist es mir doch gelungen. Es war am 2. Juni 1954, während der Segelflieger-Bezirksmeisterschaften. Die Bildung eines Cumulonimbus konnte ich ausnutzen und stieg ruhig mit 10 bis 12 m/s. So erreichte ich mühelos die Höhe von 6000 m. Schon bei 4000 m atmete ich etwas Sauerstoff ein um mich zu erfrischen, aber erst bei 6000 m ließ ich die Maske vor dem Gesicht. Anfangs spürte ich keine Schwierigkeiten, erst in 8000 m hatte ich das Gefühl, als würde mir die Brust zugeschnürt. Ich konnte nicht mehr richtig durchatmen. Mit Interesse verfolgte ich den Zeiger des Höhenmessers, der sich langsam der Zahl 9 näherte. Auf dem Variometer war noch immer die Anzeige von 6 m/s Steigen abzulesen. Der Druck auf die Brust steigerte sich ständig, bis ich plötzlich bemerkte, daß die Hand mit der Sauerstoffmaske in meinem Schoß lag. Ich wußte, daß ich sie wieder zum Munde heben mußte, da es mich sonst das Leben kosten könnte, hatte aber nicht die Kraft, es zu tun. Etwas in mir aber sagte: du mußt, du mußt!

Ich nahm alle meine Energie zusammen und konzentrierte mich auf diese anstrengende Arbeit; die Hand mit der Atemmaske kam zentimeterweise dem Gesicht näher. Als es mir gelungen war, besserte sich mein Zustand zusehends. Es gelang mir, das Segelflugzeug in den Geradeausflug zu bringen und ich sagte mir: jetzt mußt du herunter – schnell herunter! Ich fuhr die Bremsklappen aus und drückte den Steuerknüppel, bis das Variometer 30 m/s Sinken anzeigte. Ich empfand das als nichts Besonderes, erst als sich mein Zustand besserte, kam mir zum Bewußtsein, daß ich das Segelflugzeug mit diesem Manöver überbeanspruchen könnte. Schon beim geringen Nachlassen des Steuerknüppels wurde ich mit großer Kraft in den Sitz gedrückt, aber das Flugzeug hielt. In einer Höhe von 6000 m war mein Zustand bereits wieder normal.

Nach der Landung traute ich meinen Augen kaum, denn ich hatte den Barographen für 10 km Höhe bis zum oberen Rand beschrieben.“

# Der Fallschirm als Rettungsgerät

Von GÜNTER SCHMITT

In der DDR wird den Segelfliegern durch die „Segelflugbetriebsordnung“ (SBO) das Mitführen eines Fallschirmes zur Pflicht gemacht. Eine Anordnung, die sehr deutlich zeigt, daß auch im Flugsport unserer Republik die Sorge um die Gesundheit und Sicherheit des Menschen im Vordergrund aller Betrachtungen steht.

Wenn in den nachstehenden Darlegungen recht ausführlich auf die praktische Handhabung dieses Rettungsgerätes eingegangen wird, wobei sich in der reinen Beschreibung des Schirms ein gewisser „trockener“ Ton nicht vermeiden läßt, dann geschieht das, um dem Segelflieger zu helfen. Wenn sich unsere Segelflugehrer und ihre Schüler solchermäßen auch einmal wochentags, also weitab von Thermik und Flugplatz, mit dem Fallschirm beschäftigen, dann haben diese Zeilen schon ihren Zweck erfüllt, dann wird die Behandlung dieses so wichtigen Geräts besser sein.

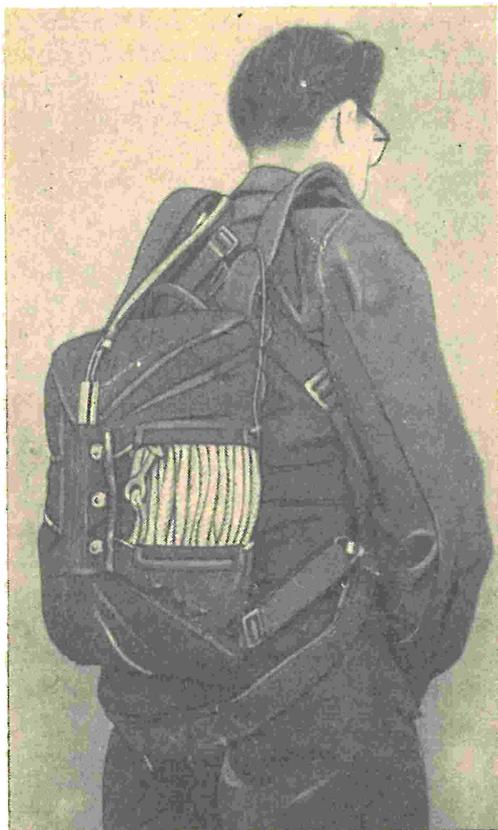
## Die Rettungsgeräte im Segelflug

Von den deutschen Segelfliegern wurden vor 1945 hauptsächlich solche Rettungsgeräte verwendet, die unter den Typenbezeichnungen „RZ-16“, „RZ-20“ und „S-27/I“ bekannt sind. Diese Geräte waren nur für die automatische Öffnung geeignet. Für Leistungsflüge standen – allerdings in sehr geringer Anzahl – einige andere Fallschirmtypen zur Verfügung, die für die manuelle Öffnung bestimmt waren. Wie gering die Fallschirme mit manueller Öffnung in ihrer Anzahl waren, ist daraus ersichtlich, daß zum Beispiel für Leistungsflüge bei den Rhön-Wettbewerben fast ausschließlich Fallschirme mit automatischer Öffnungsvorrichtung mitgeführt werden. So konnte auch wiederholt der Fall eintreten, daß Segelflieger beim Notabsprung aus großen Höhen durch Erfrieren oder Ersticken den Tod fanden. Hier, wo eine Verzögerung der Fallschirmöffnung dringend geboten gewesen wäre, öffnete sich der Fallschirm sofort nach dem Verlassen des Flugzeugs und hinderte den Piloten daran, die aufsteigenden Luftströmungen schnell zu verlassen.

Mit dem Wiederaufleben des Segelfluges stand vor der volkseigenen Industrie der DDR die Aufgabe, hochwertige Rettungsgeräte für den Segelflug zu schaffen. Die Lösung dieser Aufgabe zeigte im Jahre 1953

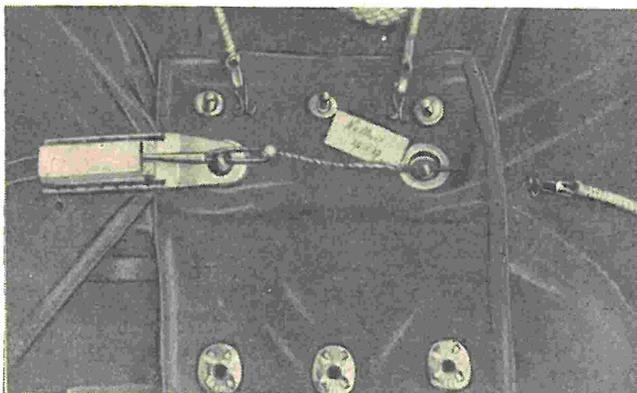
die ersten Erfolge mit dem Bau des Fallschirmes „S-27/II-53“. Dieses Gerät ist eine Weiterentwicklung des „S-27/I“ und gleichfalls nur für die automatische Öffnung geeignet. Darüber hinaus wurden aus den benachbarten Volksdemokratien einige Fallschirme angekauft, einige wurden uns auch geschenkt. Hier handelt es sich um den polnischen Fallschirm „SP-1“, der nur für die manuelle Öffnungsweise verwendbar ist; um den ungarischen Fallschirm „ME-51“ und den rumänischen Typ „Irvin“, einem Nachbau der gleichnamigen amerikanischen Konstruktion.

Ein neues Rettungsgerät mit der Typenbezeichnung „S-27/III-53“ wurde im Jahre 1956 geschaffen (Abb. 142). Dieses Gerät stellt eine interessante Weiterentwicklung des „S-27/II-53“ dar, indem von ihm ausgehend eine



*Abb. 142:  
Der angelegte  
Rettungsfallschirm  
„S-27/III-53“*

Reihe von begründeten Forderungen der Segelflieger verwirklicht wurden. Das Hauptanliegen war die Schaffung eines Fallschirmes, der zugleich für die manuelle und die automatische Öffnungsweise geeignet ist. Diese Aufgabe wurde zuverlässig durch die Verwendung der Öffnungsvorrichtung nach dem Irvinschen Prinzip gelöst (Abb. 143), wengleich diese Lösung



*Abb. 143:  
Zuverlässige  
Öffnungs-  
vorrichtung  
nach dem  
Irvinschen  
Prinzip*

fertigungstechnisch umständlich erscheint. Einfacher im Arbeitsprinzip und gleichermaßen zuverlässig hätte eine Öffnungsvorrichtung sein können, wie sie bei den sowjetischen Sprunggeräten „PD-47“ und „D-1“ in der Ausbildung der Fallschirmspringer Verwendung finden. Das bezieht sich – wie gesagt – als Wertschätzung lediglich auf die Fertigungsweise. Hinsichtlich der zuverlässigen Arbeitsweise unterscheiden sich beide Öffnungsvorrichtungen nicht voneinander.

Eine charakteristische Besonderheit besitzt der Fallschirm „S-27/III-53“. Es ist konstruktionsmäßig möglich, das Gurtzeug vom Fallschirm zu trennen und mit wenigen Handgriffen auszuwechseln. Hier wurde ein eigenwilliger Weg gewählt, der offenbar der Absicht entsprang, das oftmals notwendige Verstellen des Gurtzeuges durch die unterschiedlichen Körpergrößen der Flieger zu vermeiden, zumindest diese Arbeiten aus der Startvorbereitung herauszunehmen. Die konstruktionsmäßige Lösung dieses Problems ist gut, jedoch kann man feststellen, daß eine solche Trennung von Gurtzeug und Fallschirm keine Forderung der Praxis ist.

Es ist vorteilhaft, daß die Lage des Fallschirmes auf dem Rücken des Segelfliegers – je nach der Sitzanordnung im Flugzeug und der Körpergröße des Kameraden – in Hoch- und Tiefeinstellung gebracht werden

kann (vgl. Abb. 142 und 144). Dieser Vorteil wird besonders am „Baby II b“ deutlich.



*Abb. 144: Im Gegensatz zur Abb. 142 kann der neue Schirm auch tief eingestellt werden, um ihn beispielsweise im Fallschirmkasten des „Baby“ unterbringen zu können*

Es ist mir nun gestattet, auf das neue Fallschirmmuster näher einzugehen. Dieser Fallschirm besteht aus folgenden Hauptteilen:

1. Kappe mit Fangleinen
2. Hilfsschirm mit Federmechanismus und Verbindungsleine
3. Gurtzeug mit T-Verschluß
4. Öffnungsvorrichtung
5. Verpackungssack
6. Dokumente
7. Tragetasche

Die Kappe ist der wichtigste, der tragende Teil des Fallschirmes. Sie ist aus bearbeiteter Naturseide hergestellt und besitzt eine Flächengröße von  $42,5 \text{ m}^2$ . Die Festigkeit des Seidengewebes liegt bei  $700 \text{ kg/m}^2$ , bei einer Dehnung von 15%. Der Mittelwert der Luftdurchlässigkeit liegt bei  $470 \text{ l/s}$  (Liter pro Sekunde). Die Seide wird in einer Breite von 900 mm gewebt, bei einer zulässigen Abweichung von  $-3$  bis  $+7 \text{ mm}$ . Innerhalb der Bahnen ist das Gewebe in vier Feldern – die durch Quernähte miteinander verbunden sind – so angeordnet, daß die Schuß- und Kettenfäden des Gewebes zu einer gedachten Mittellinie der Bahn von der Scheitelöffnung zum Basisrand in einem Winkel von  $45^\circ$  verlaufen (Abb. 145). Auf diese Weise

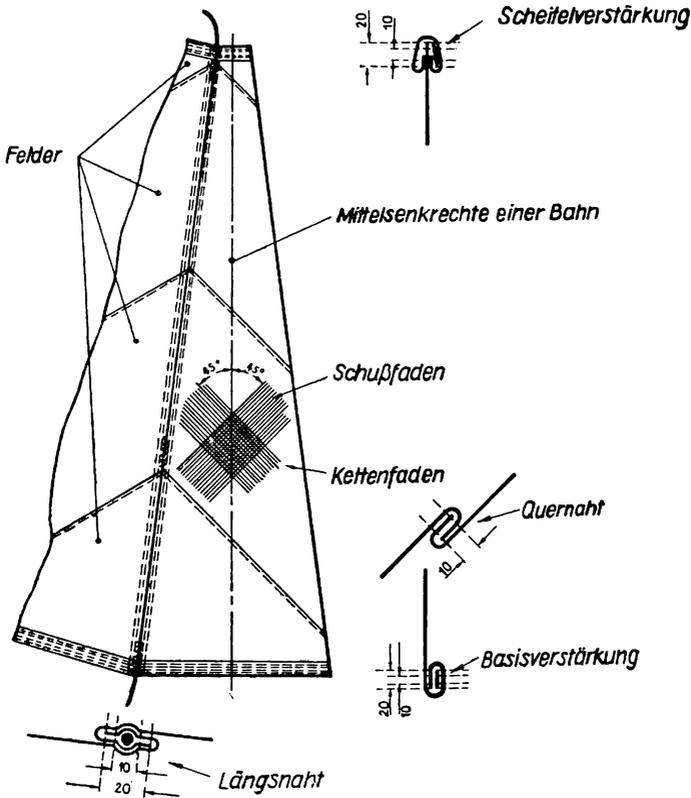


Abb. 145: Aufbau einer Bahn

wird die Elastizität und Festigkeit der Kappe bedeutend erhöht. Die Numerierung der Felder innerhalb einer Bahn wird mit 1 bis 4 vom Basisrand zur Scheitelöffnung bezeichnet. Die Bahn hat, wie ebenfalls aus der Zeichnung ersichtlich, die Form eines gleichschenkligen Dreiecks mit abgebrochener Spitze. Sie besteht aus zwanzig Bahnen, die miteinander durch Längsnähte (Abb. 145) verbunden sind. Die Fangleinen laufen durch diese Längsnähte hindurch und sind durch Zäckelnähte an den Schnittpunkten der Quernähte sowie am Basisrand und an der Scheitelöffnung mit dem Kappengewebe verbunden bzw. innerhalb der Längsnähte der Kappe befestigt. Die Numerierung der Fangleinen und zugleich der Bahnen erfolgt von 1 bis 20 im Uhrzeigersinn. Diese Numerierungsanordnung ist bei allen Fallschirmen deutscher Konstruktion üblich, im Gegensatz zu den ausländischen Fallschirmtypen, beispielsweise dem polnischen Gerät „SP-1“, bei dem die Numerierung entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn verläuft. Die Bahn 1 ist die Stempelbahn (Abb. 146). Auf ihr sind der Firmenstempel

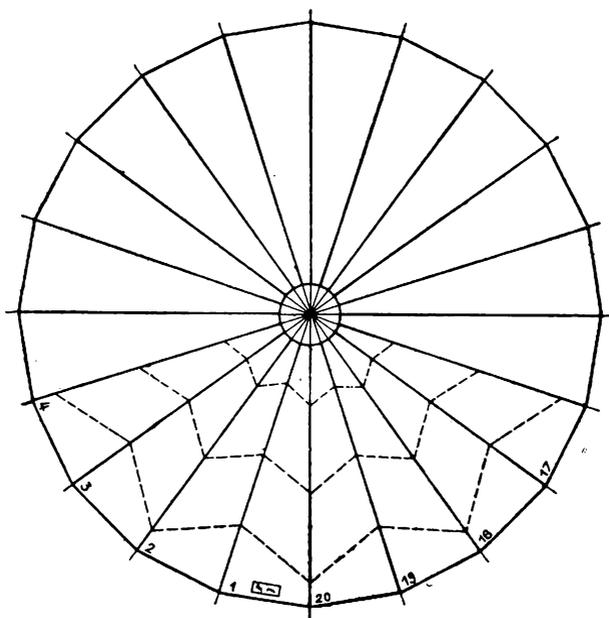


Abb. 146: Kappe in der waagerechten Projektion

und Fallschirmtyp, die Zulassungsnummer sowie Zulassungs- und Überprüfungsvermerke aufgedruckt.

Während der untere Kappenrand als Basis bezeichnet wird, ist die obere Öffnung als Scheitelöffnung bekannt. Die Scheitelöffnung des Fallschirmes „S-27/III-53“ ist elastisch. Die Fangleinen sind ebenfalls aus Naturseide hergestellt. Sie haben eine Reißfestigkeit von 150 kg/m, bei einer Dehnung von 15%. Die Verbindung der Fangleinen mit dem Gurtzeug erfolgt durch Spezialknoten in den D-Ringen der Tragegurte. Diese Spezialknoten sind wiederum durch Zäckelnähte befestigt. Die Länge der Fangleinen innerhalb der Kappe beträgt 3,5 m. Die Länge einer Bahn dagegen beträgt 3,8 m. Auf diese Weise entsteht zwischen den vernähten Stellen in den Längsnähten eine sogenannte „Lose“. Sie bewirkt besonders beim Öffnungsvorgang eine gute Druckverteilung zwischen Kappe und Fangleinen und damit eine erhöhte Elastizität und Festigkeit. Die freie Länge der Fangleinen zwischen Basisrand und Gurtzeug stimmt mit dem Kappendurchmesser überein und beträgt 5,2 m. Die höchstzulässige Ausdehnung der Fangleinen, die durch ihre Beanspruchung bei der Benutzung des Fallschirmes entsteht, beträgt 100 mm.

Der Hilfsschirm, dessen Aufgabe darin besteht, die Kappe und die Fangleinen des Fallschirmes beim Öffnungsvorgang aus dem Verpackungssack herauszuziehen, hat die Form eines Vierecks oder Achtecks und eine Flächengröße von rund 0,75 m<sup>2</sup>. Die Kappe des Hilfsschirmes ist aus Seide gefertigt. Der Hilfsschirm hat acht Fangleinen aus Seidenschnur mit einer Länge von 790 mm und einer Reißfestigkeit von 50 kg/m.

Die unteren Enden der Fangleinen laufen in einer Kausche zusammen. Zur Unterstützung seiner Funktion besitzt der Hilfsschirm einen Federmechanismus, der die Hilfsschirmkappe sofort herauspringen läßt und auseinanderstreckt.

Die Verbindungsleine verbindet mit einer Länge von 0,8 m den Hilfsschirm mit der Fallschirmkappe am Kreuzungspunkt der Fangleinen in der Scheitelöffnung. Die Knotenverbindung erfolgt an der Kausche des Hilfsschirmes durch einen Palsteg und an der Fangleinenkreuzung durch einen Schotsteg.

Das Gurtzeug besteht aus 44 mm breitem Leinengurt mit einer Reißfestigkeit von 1100 kg/m. Es ist so konstruiert, daß es den Entfaltungsstoß gleichmäßig auf den Körper verteilt. Am Gurtzeug ist ein T-Zentralver-schluß angebracht.

Die Öffnungsvorrichtung besteht aus einem Stahlseil mit zwei Stiften (Abb.143), das zu einem an beiden Seiten eingekerbten, metallenen Verbindungsstück läuft, das unter einem aufgenähten Metallbügel beweglich ist. In dieses Verbindungsstück werden das Stahlseil des Abzugsringes und das stählerne Abzugsseil der Aufzugsleine eingelegt und durch eine an beiden Seiten festgelötete Metallperle verankert. Auf diese Weise hat die Betätigung einer von beiden Öffnungsarten zwangsläufig die Öffnung des Fallschirmes zur Folge. Als Aufzugsleine wird ein Hanfseil mit einer Festigkeit von 600 kg/m verwendet. Die Aufzugsleine hat eine Länge von 5,5 m und trägt an ihrem freien Ende einen Karabinerhaken zur Befestigung am Flugzeug. Die andere Seite wird durch eine Kausche begrenzt, die zur Verbindung mit dem stählernen Abzugsseil dient. Der Abzugsring für die manuelle Öffnung ist aus 7 mm starkem, verzinktem Stahldraht gebogen und am Griffteil mit rotem Lack angestrichen, um sein Auffinden zu erleichtern.

Der Verpackungssack ist aus festem Leinengewebe gefertigt und hat die Aufgabe, den gepackten Schirm so aufzunehmen, daß er gegen Beschmutzung und Beschädigung geschützt ist. Er hat eine rechtwinklige Grundplatte mit Versteifungsrahmen. An der Bodeninnenseite befinden sich wabenähnliche Zellen zum Einschlaufen der Fangleinen. An der Außenseite des Bodens ist eine Tasche zur Unterbringung der Packkontrollkarte aufgenäht.

Zu den Dokumenten des Fallschirmes gehört neben der Packkontrollkarte auch die Lebenslaufakte, in die alle Angaben, welche die Wartung, den Zustand des Fallschirmes und seiner Hauptteile betreffen, einzutragen sind. Die Tragetasche ist aus zeltplanähnlichem Stoff hergestellt und dient zur Unterbringung des Fallschirmes für den Transport.

Der Fallschirm „S-27/III-53“ ist zum Absprung aus dem Flugzeug bei einer Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h zugelassen. Alle lebenswichtigen Teile des Fallschirmes besitzen eine etwa 7fache Belastungssicherheit. Die durchschnittliche Sinkgeschwindigkeit dieses Fallschirmes bei einem Springer-gewicht von 80 kg beträgt etwa 5,8 m/sec. Der Fallschirm ist zugelassen für 10 Sprünge. Die Betriebsdauer bei der Verwendung des Fallschirmes im Flugbetrieb ist mit vier Jahren festgelegt.

### **Das Verhalten beim Notabsprung aus dem Segelflugzeug**

Die Situationen, in die man durch eine Beschädigung seines Flugzeuges geraten kann, sind so vielseitig, daß es selbstverständlich keine für alle

Situationen gültige Regel geben kann. Man kann aber einen für alle Situationen gleichermaßen gültigen Grundsatz wie folgt formulieren:

*„In einer Situation, die eine sichere Landung des Flugzeuges unmöglich macht und die das Leben des Segelfliegers durch Beschädigung oder Manövrierunfähigkeit seines Flugzeuges gefährdet, ist der Notabsprung aus dem Flugzeug mit dem Fallschirm zu seiner Lebensrettung durchzuführen. Dabei entscheiden die Überlegtheit und Schnelligkeit des Handelns, die Reaktionsfähigkeit, die Konzentration und Kraftanstrengung in entscheidendem Maße über das rasche und sichere Lösen vom Flugzeug.“*

Notabsprünge vom Segelflugzeug sind in bestimmter Hinsicht leichter auszuführen als vom Motorflugzeug. Besonders deshalb, weil Segelflugzeuge geringere Fluggeschwindigkeiten als Motorflugzeuge aufweisen.

Da der Absprung aus der Horizontallage des Flugzeuges am günstigen und bequemsten ist, soll man versuchen, zum Absprung eine Lage des Flugzeuges herzustellen, die der horizontalen am nächsten liegt.

Bei Segelflugzeugen erfolgen Notabsprünge meist direkt aus der Kabine. Dazu wird das Kabinendach geöffnet und – sofern das bei dem betreffenden Flugzeugtyp möglich ist – abgeworfen. Danach werden die Anschnallgurte des Sitzes gelöst und man steigt so auf den Sitz, daß man sich in die Sprungrichtung wendet. Der Körper soll dabei nach vorn gebeugt und die Hände sollen auf der Bordwand aufgestützt sein. Dabei kann man im Horizontal- und Sturzflug gleichermaßen die rechte oder linke Seite als Sprungrichtung wählen, wenn das Kabinendach abgeworfen wurde.

Im Horizontalflug stützt man einen Fuß gegen die hinter einem liegende Bordwand und stößt sich unter Zuhilfenahme der Hände kräftig in Sprungrichtung ab. Bei einer Mitteldeckerkonstruktion soll man sich so abstoßen, daß man zügig über die Bordwand nach unten gleitet. Wenn bei einer Segelflugzeugkonstruktion der hintere Sitz direkt in Höhe der Tragflächen angeordnet ist, wie beispielsweise bei dem alten „Kranich“, so muß man seitlich in Richtung der hinteren Tragflächenkante abspringen.

In der gleichen Weise löst man sich im Sturzflug vom Flugzeug bis zu einer Steillage von etwa 65 bis 70°, bezogen auf die Horizontale. Bei größerer Steillage – auch über die Senkrechte hinaus (negativer Sturzflug) – sollte sich der Abspringende mit den Füßen vom Sitz aus kräftig etwas seitlich nach oben aus der Kabine herausstoßen. Das gilt gleichermaßen für den Sprung aus der Rückenlage.

Beim Sprung aus der Spirale und dem Vollkreis löst man sich durch kräftiges Abstoßen so vom Flugzeug, wie es für den Horizontalflug beschrieben wurde. Dabei ist es jedoch erforderlich, zur Innenseite dieser Fluglage zu springen.

Ebenso – nach innen zur Fluglage – stößt man sich beim Sprung aus dem trudelnden Flugzeug ab. Dabei muß man berücksichtigen, daß der zeitliche Höhenverlust beim flachen Trudeln geringer ist als bei der steilen Trudellage. Allerdings ist beim Flachtrudeln die Zentrifugalkraft größer. Dadurch wird das Herausklettern aus der Pilotenkabine erschwert und man muß mit ganzer Kraft arbeiten, um sich innerhalb möglichst kurzer Zeit aus der Kabine herauszudrücken und vom Flugzeug zu lösen.

Da man ein Segelflugzeug meist nur dann zu verlassen braucht, wenn sich lebenswichtige Teile lösen, ist es zweckmäßig, die Öffnung des Fallschirmes um 8 bis 10 Sekunden zu verzögern. So ist es möglich, eine Kollision mit diesen Flugzeugteilen zu vermeiden. Das kann natürlich nur bei manueller Öffnung geschehen und wenn die Höhe im Augenblick des Absprunges eine solche Öffnungsverzögerung zuläßt.

Die günstigste Lage ist dabei, wenn man sofort nach dem Lösen vom Flugzeug die Beine streckt und sie etwa eine Schrittlänge seitlich auseinanderspreizt. Zugleich legt man in gleichmäßiger Haltung die Hände vor die Brust und erfaßt dabei den Abzugsring seines Fallschirmes. Dabei sollte man auf den Abzugsring sehen. Das erleichtert bedeutend das Erfassen mit der Hand während des Fallens. Man beugt sodann kräftig den Kopf und den Oberkörper nach hinten und hat durch diese Haltung der Beine, der Arme und des Körpers eine Lage, die ein stabiles Fallen ermöglicht. Bei dieser Körperhaltung fällt man direkt mit dem Kopf nach unten. So ist die Fläche des Stirnwiderstandes am geringsten und man kommt auf schnellstem Wege aus dem Bereich des beschädigten Flugzeuges heraus. Außerdem erhält man durch den nach hinten gebeugten Kopf Erdsicht.

Wenn man während des Fallens seinen Körper nicht in dieser Lage halten kann und ins Trudeln gerät, dann muß man seinen Körper sofort ruckartig zusammenkrümmen und die Füße dabei dicht an den Körper heranziehen. In dieser Haltung fällt man stabil oder mit nur leichten und unbedeutenden Drehungen weiter. Setzt aber in dieser Lage durch eine unkontrollierte Bewegung wieder eine heftige Trudelbewegung ein, dann muß man sofort den Fallschirm durch kräftiges Abziehen des Abzugsringes nach rechts unten öffnen. Zum Öffnen des Fallschirmes ist ein Kraftaufwand von 16 kg erforderlich.

Für eine Verzögerung der Fallschirmöffnung um 10 Sekunden ist eine Mindesthöhe von 800 m und für 8 Sekunden eine Mindesthöhe von 700 m erforderlich. Die Mindestverzögerung beim Notabsprung mit manuellem Fallschirm soll 3 Sekunden betragen. Die Verzögerungszeit wird vom Piloten in Sekunden abgezählt.

Wenn sich in geringer Höhe ein Notabsprung erforderlich macht, so kann man

- a) bei automatischer Fallschirmöffnung
- b) bei Verwendung eines der in der GST gegenwärtig gebräuchlichen Segelflug-Rettungsgeräte,
- c) unter Berücksichtigung der Fluggeschwindigkeit,
- d) bei horizontaler Fluglage

folgende Höhen für den Augenblick des Lösens vom Flugzeug als absolute Mindesthöhen betrachten:

Horizontale Geschwindigkeit beim Absprung	Absolute Mindesthöhe
0 km/h	120 m
50 km/h	100 m
90 km/h	80 m
170 km/h	60 m
250 km/h	40 m

### *Das Steuern des runden Rettungsfallschirmes*

Mit dem runden Rettungsgerät für Segelflieger lassen sich innerhalb gewisser Grenzen wirksame Steuerbewegungen ausführen, um Hindernissen auszuweichen.

Am runden Fallschirm gibt es grundsätzlich zwei Steuerbewegungen, und zwar das Slippen und das Gleiten.

Nachdem der Fallschirm sich geöffnet hat, soll man sich bequem ins Flugzeug setzen, indem man den Sitzgurt (Haupttringgurt) richtig unter sein Gesäß schiebt. Danach sollte man sich orientieren und abschätzen, wohin der Wind den Fallschirm treibt. Sofern man nicht so am Fallschirm hängt, daß man den Wind im Rücken hat, muß man sich zu diesem Zweck zeitweilig am Fallschirm drehen. Dazu erfaßt man, wenn man sich zum Beispiel nach links drehen will, über dem Kopf mit der rechten Hand den vorderen linken Tragegurt und mit der linken Hand den hinteren rechten Tragegurt (Abb. 147). Man dreht sich durch das Zusammenziehen beider Gurte

Abb. 147:  
So dreht man sich an den Fallschirmgurten,  
um sich orientieren zu können

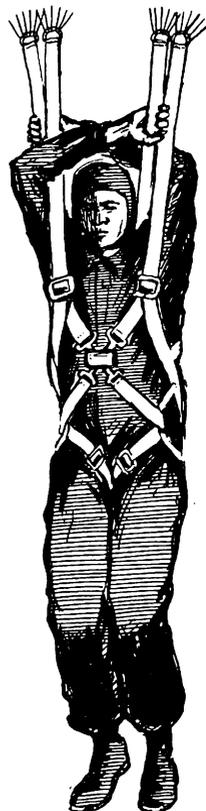
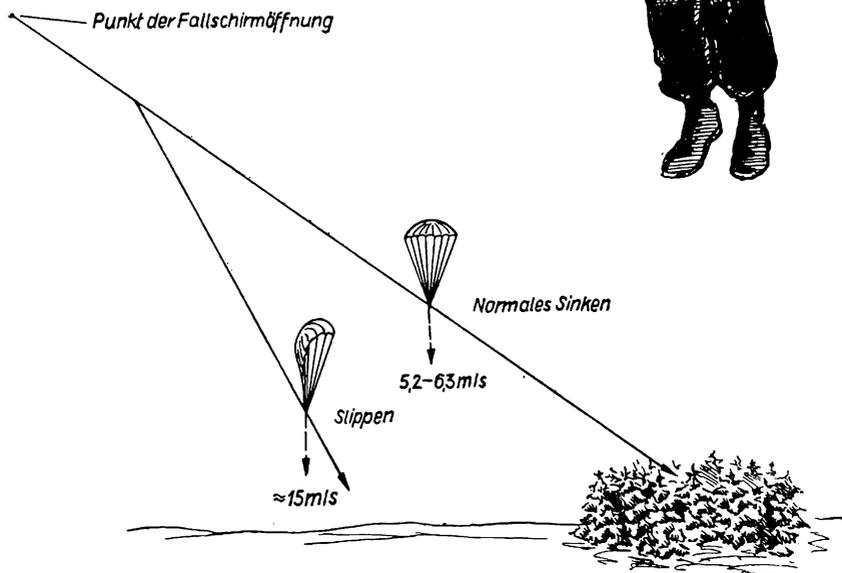


Abb. 148:  
Durch Herunterziehen des Basisrandes an der Luvseite  
kann man die Sinkgeschwindigkeit erhöhen



und kann so bequem das hinten liegende Gelände überblicken. Hat man sich orientiert, läßt man die Gurte los und gelangt dadurch wieder in die Ausgangslage.

Aus der Bodenbeobachtung ergibt sich, ob man versuchen muß, durch das Steuern des Fallschirmes bestimmten Hindernissen wie kleinen Waldstücken, Flüssen, Hochspannungsleitungen, Gebäuden usw. auszuweichen.

Wenn man die Entfernung des Abtreibens (die Abdrift) verkürzen will, so erreicht man das durch Slippen. An der Luvseite erfaßt man hierbei ein ganzes Fangleinenbündel und zieht es herunter. Dadurch wird zugleich der Basisrand heruntergezogen und die tragende Fläche der Kappe verkleinert. Das wirkt sich in einer bis zu etwa 15 m/s erhöhten Sinkgeschwindigkeit aus (Abb. 148). Ferner muß man – wenn sich beim Slippen die Kappe dreht – entgegengesetzt zur Drehungsrichtung nachgreifen und ein anderes Fangleinenbündel herunterziehen, damit die dem Wind zugewandte Seite herabgezogen bleibt. Im anderen Falle könnte der Wind die herabgezogene Seite der Kappe wie ein Segel aufblähen. Damit hätte die ganze Steuerbewegung bedeutend an Wirksamkeit verloren. Wenn man die Fangleinen wieder aus den Händen gleiten läßt, nimmt die Kappe sofort ihre normale Lage ein. Zu beachten wäre noch, daß man beim Slippen die Füße geschlossen hält, damit sich die heruntergezogenen Fangleinen nicht um die Füße wickeln können.

Eine andere Möglichkeit, Hindernissen auszuweichen, besteht im Gleiten mit dem Fallschirm. Dazu zieht man auf der Seite, in deren Richtung man eine Bewegung der Kappe erreichen will, beide Tragegurte um 50 bis 60 cm (eine Armlänge) herab. Dadurch wird auf dieser Seite der Basisrand etwas heruntergezogen (Abb. 149) und die Luft entweicht nun stärker an der gegenüberliegenden Seite des Basisrandes aus der Kappe. Auf diese Weise kommt beim Rettungsgerät in der Richtung der herabgezogenen Seite eine Gleitbewegung von etwa  $1\frac{1}{2}$  m/s zustande. Dieses Gleiten kann zur Verringerung oder Vergrößerung der Abdrift, gegen den Wind und mit dem Wind, sowie nach links oder rechts angewandt werden (Abb. 150). Berücksichtigen muß man aber, daß die Rettungsgeräte wegen ihrer runden Kappenform keinerlei Richtungsstabilität besitzen. Deshalb wird sich bei anhaltendem Gleiten u. a. durch den Einfluß des Windes die Kappe langsam zu drehen beginnen. In einem solchen Falle müssen – ähnlich wie beim Slippen – andere Gurte herabgezogen werden, die nun auf der Seite der beabsichtigten Gleitrichtung liegen.

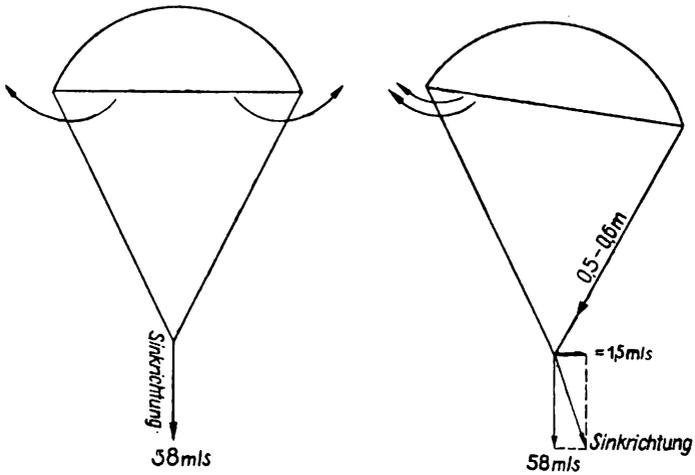


Abb. 149: So kann man die Gleitrichtung beeinflussen. (Schematische Darstellung ohne Berücksichtigung des Windes)

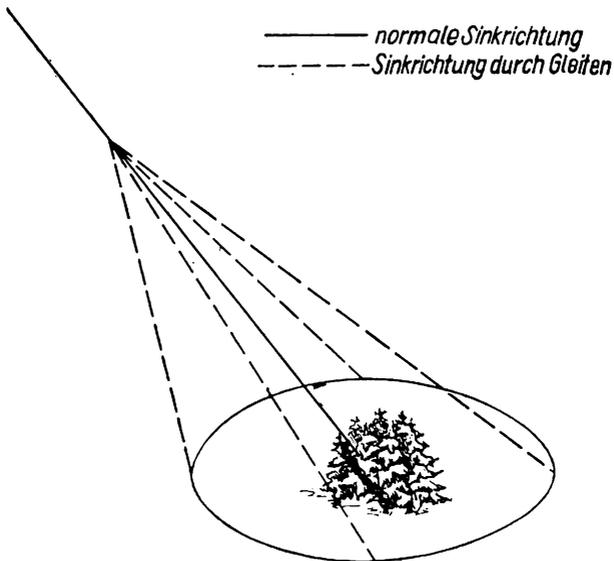


Abb. 150: Zur Vermeidung einer Baumlandung kann man mit oder gegen den Wind gleiten

### *Die Landung mit dem Fallschirm*

Die Landung mit dem Fallschirm ist bei einem Notabsprung die Phase des Sprungvorganges, die neben dem richtigen und zügigen Lösen vom Flugzeug die größte Aufmerksamkeit erfordert. Das ergibt sich allein schon aus der Tatsache, daß die Landesituation beim Notabsprung so vielseitig sein kann wie die Bodenoberfläche durch ihre verschiedenen Formen. Zwar hat man durch das Steuern des Fallschirmes die Möglichkeit, solchen Hindernissen weitgehend auszuweichen. Dennoch kann bei einer Landung sehr viel Unerwartetes auftreten. Deshalb ist eine richtige Landung von großer Bedeutung.

Zur Landung auf dem Boden erfolgt die Landungsvorbereitung in folgender Weise: Man dreht sich durch das Überkreuzen der Gurte (Abb. 147) so am Fallschirm, daß man den Wind möglichst genau im Rücken hat. Dabei werden die Ellenbogen nicht zur Seite gestreckt, sondern dicht an den Körper herangedrückt. Die Füße und die Knie werden fest aneinandergedreht. Daraus ergibt sich die höchstmögliche Festigkeit der Fußgelenke. Gleichzeitig werden die Knie leicht angewinkelt, damit sich der Druck des Landeaufpralls nicht bis auf die Wirbelsäule übertragen kann. Auf diese Weise wird der Aufprall bei der Landung in drei starken Gelenken – dem Fuß-, Knie- und Hüftgelenk – abgefedert. Gleichmaßen wichtig ist es, darauf zu achten, daß die Fläche beider Fußsohlen eine Parallele zur Landeoberfläche bildet. Dabei kann unter Umständen auch ein Dach oder eine Hauswand zunächst die Oberfläche sein, auf die man seine Fußstellung einrichten muß.

Wenn man sich zur Landung am Gurtzeug eindrehen mußte, dann sollten die Gurte bis nach der Landung festgehalten werden, damit nicht im Augenblick der Bodenberührung eine plötzliche, schraubenförmige Rückdrehung erfolgen kann. Hatte man bereits den Wind im Rücken, so sollten die hinteren Gurte wie beim Gleiten um eine Armlänge herabgezogen werden. Dadurch wird die Kraft, die sich aus dieser Gleitbewegung ergibt, gegen den Wind gerichtet und damit die Landegeschwindigkeit verringert.

Sofort nach dem Landeaufprall soll man seinen Körper nach vorn links oder nach vorn rechts abrollen. Dazu muß er in Fallrichtung durchgebeugt werden. Keinesfalls darf man beim Hinfallen die Hände dem Boden entgegenstrecken. Das kam zu unangenehmen Verletzungen der Finger und der Handgelenke führen. Wird man nach der Landung durch die aufgeblähte Kappe über den Boden geschleift, dann kann man durch kräftiges Einziehen der unteren Fangleinen erreichen, daß die Kappe zusammenfällt.

Auf eine Waldlandung bereitet man sich in der gleichen Weise vor. Auch hier müssen die Füße fest geschlossen sein. Keinesfalls sollen die Füße angezogen werden. Die Körperhaltung gleicht der Haltung bei einer Bodenlandung. Hinzu kommt jedoch, daß das Gesicht mit den Unterarmen vor Verletzungen geschützt wird.

Wenn eine Wasserlandung unumgänglich ist, dann muß man den Sitzgurt (Hauptringgurt) möglichst weit nach vorn unter die Schenkel schieben, so daß man sicher im Gurtzeug sitzt. Danach öffnet man den Zentralverschluß. Die Beingurte schiebt man zwischen den Schenkeln nach unten durch, und die Brustgurte wirft man über die Schultern nach hinten, damit sich die Metallbeschläge nicht an der Kleidung festhaken können. Danach befreit man seinen rechten Arm aus dem Gurtzeug, erfaßt mit beiden Händen den linken, vorderen Traggurt und schwingt sich in dem Moment, da die Füße das Wasser berühren, aus dem Gurtzeug heraus. Danach entfernt man sich durch einige Schwimmstöße entgegengesetzt zur Windrichtung vom Fallschirm, damit die Kappe nicht über dem Kopf zusammenfallen kann.

### **Hinweise zur Behandlung und zum Transport von Fallschirmen**

Hier sollen nicht die Wartungsbedingungen für die Aufbewahrung, die Pflege und die Reparatur von Fallschirmen wiedergegeben werden. Die Wartung und das Packen der Fallschirme erfolgt schließlich durch Fallschirmsprunginstruktoren und Fallschirmwarte.

Wichtiger erscheint es, auf einige Regeln hinzuweisen, die für die Behandlung von Fallschirmen auf dem Flugplatz und den Transport von Fallschirmen von Bedeutung sind. Die Tatsache, daß man diesen Geräten unter Umständen sein Leben anvertrauen muß, sollte stets der Ausgangspunkt aller diesbezüglichen Überlegungen sein.

Deshalb

- sollen Fallschirme auf dem Flugplatz immer auf einer Plane oder auf einer entsprechend zugerichteten Abstellvorrichtung abgelegt werden. Legt man Fallschirme auf den Boden, können leicht Schmutz und Feuchtigkeit in das Gewebe eindringen;
- werden Fallschirme nicht zum Beschweren der Flügelenden oder als Sitzpolster benutzt. Das kann zu Beschädigungen des Gerätes und zur unbeabsichtigten Betätigung der Öffnungsvorrichtung führen;
- darf in der Nähe von Fallschirmen nicht geraucht werden;
- ist es nicht statthaft, chemische und ätzende Stoffe sowie Fette und Öle in unmittelbarer Nähe von Fallschirmen zu lagern;

- werden Fallschirme stets an einer Stelle abgelegt, die der verantwortliche Fluglehrer gut überblicken kann und die für Unbefugte nicht erreichbar ist;
- sollen die Fallschirme auf dem Flugplatz auch in den Ausbildungspausen bewacht und vor fremden Zugriff sicher sein;
- dürfen Fallschirme auch in gepacktem Zustand nicht während des ganzen Ausbildungstages der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt sein. Durch die beständig hohen Temperaturen der Sonnenbestrahlung verliert das Gewebe an Festigkeit. Die Fallschirme werden im Schatten abgelegt oder zumindest abgedeckt;
- sollen Fallschirme stets an dem für diesen Zweck angebrachten Griff getragen werden (Abb. 151). Das Tragen an den Gurten führt zur Lockerung oder zum Herausziehen der Gurte und der Fangleinen. Damit sind



*Abb. 151:  
Grundsätzlich wird der  
Fallschirm am Handgriff  
getragen. Niemals am Gurtzeug  
tragen, da sich dann die  
Fangleinen herausziehen*

die Fangleinen nicht mehr vor Beschädigungen geschützt und das Gerät ist in diesem Zustand zur Benutzung nicht mehr geeignet;

- ist es bei der Entnahme der Geräte aus dem Fallschirmraum notwendig, in der Packkontrollkarte das letzte Packdatum zu prüfen. Ein Rettungsfallschirm darf nur dann benutzt werden, wenn seit dem letzten Packen nicht mehr als dreißig Tage verstrichen sind;
- muß sich jeder Segelflieger vor dem Anlegen des Fallschirmes von der Unversehrtheit des Sicherungsfadens überzeugt haben. Ist die Sicherung zerrissen, dann darf das Gerät nicht benutzt werden;
- ist es erforderlich, jede, wenn auch geringfügige Beschädigung des Gerätes unverzüglich dem verantwortlichen Fluglehrer zu melden, der die erforderlichen Maßnahmen veranlassen wird;
- dürfen Fallschirme in Fahrzeugen nie gemeinsam mit Säuren oder Fetten sowie mit spitzen und scharfkantigen Gegenständen transportiert werden. Der Boden des Laderaumes muß zum Schutz vor Beschmutzung ebenfalls gut abgedeckt sein. In allen Fällen müssen die Fallschirme zum Transport in der Tragetasche untergebracht werden.

Wenn in dieser Weise die ständige Einsatzbereitschaft der Rettungsfallschirme gewährleistet wird, kann man sich auch jederzeit auf die Zuverlässigkeit dieses „Rettungsringes der Luft“ verlassen.

Es ist bei der heute in unserer Republik hinreichenden Anzahl von Fallschirmen fahrlässig und leichtsinnig; auf die Mitnahme dieses Rettungsgeräts zu verzichten.

Nicht zu unrecht hat schließlich seinerzeit der Flieger Lindbergh den Satz geprägt:

*„Wenn du einen brauchst und hast keinen,  
wirst du nie wieder einen brauchen!“*

# **Kontrolle, Wartung und Pflege von Segelflugzeugen**

Von HANS HÖNTSCH

Das Vertrauen des Piloten zum Segelflugzeug ist gleichzeitig Vertrauen zu allen Kameraden, die tatkräftig mithelfen, das Fluggerät in einem einsatzfähigen Zustand zu halten. Betriebssicherheit und Lebensdauer werden in hohem Maße von den Segelfliegern selbst bestimmt. Ungenügende Kontrolle und Wartung sind oft Ausgangspunkt von Unfällen, die nicht nur große materielle Schäden verursachen, sondern auch Menschenleben in Gefahr bringen.

Die Pflege und Wartung unserer Segelflugzeuge ist aber nicht nur eine Frage der Flugsicherheit schlechthin; es ist gleichzeitig eine wichtige volkswirtschaftliche Frage. Unsere Flugzeuge und Startgeräte sind Volkseigentum. Wie jeder einzelne Segelflieger bemüht ist, dieses Volkseigentum zu pflegen und zu erhalten, ohne zusätzliche Kosten zu verursachen, darin zeigt sich zu einem sehr wesentlichen Teil seine politische Reife.

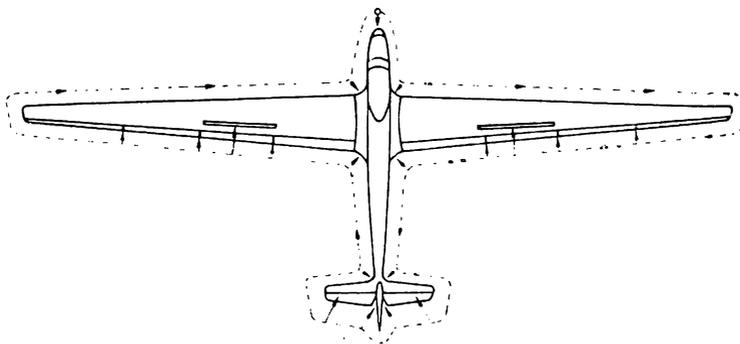
In unserer Republik werden auch für den Segelflugsport alljährlich große Summen zur Verfügung gestellt. Daß mit diesen Mitteln der größte effektive Nutzen erzielt wird, liegt in erster Linie an der Verantwortungsfreudigkeit jedes einzelnen. Wenn bei jedem Segelflieger darüber Klarheit herrscht, daß wir durch sorgfältige Kontrolle und Wartung des Fluggeräts und durch Instandsetzung im Eigenbau dazu beitragen, wertvolle Mittel einzusparen, die dann nutzbringender verwendet werden können, haben wir viel erreicht. Sicherlich nimmt diese Einsicht manchem Segelflieger auch die Scheu, die Werkstatt zu betreten.

## **Die Kontrolle des Segelflugzeuges vor dem Einsatz**

Verlangt man Flugsicherheit, so ist dies nur durch ständige Kontrolle zu erreichen. Diese erstreckt sich vom Prüfattest der Werkstoffe, die dem Flugzeug Form und Festigkeit geben, bis zur Fertigmontage. Damit ist der Sicherheit noch keineswegs Genüge getan. Vierteljährliche Nachprüfungen durch einen Beauftragten und eine ständige Kontrolle vor dem Flugbetrieb sorgen für die nötige Flugsicherheit.

Im folgenden betrachten wir diese ständige Kontrolle etwas näher. Grundsätzlich muß der Kontrollierende die Betriebsanweisungen und Be-

sonderheiten des betreffenden Musters genau kennen. Je nach Erfahrung hat jeder zur Kontrolle berechnigte Kamerad (Fluglehrer, S-1-Pilot) sein eigenes Schema zur Überprüfung (Abb. 152). Zur allgemeinen Erleichterung gibt es bei uns in der DDR vorgedruckte „Übernahmeprotokolle“, auf denen stichpunktartig alle zu kontrollierenden Teile aufgeführt sind.



*Abb. 152: Kontrollgang um das Segelflugzeug*

Die folgenden Darlegungen beziehen sich auf das Segelflugzeug SZD-8 bis „Jaskolka“ („Schwalbe“). An diesem Flugzeug sind alle Kontrollmaßnahmen erforderlich, die auch bei den anderen Typen mehr oder minder zur Sicherheitskontrolle gehören.

Wir kontrollieren:

das Bordbuch mit Zulassung auf Zulassungsdauer;

die Bepflankung und Bespannung des Rumpfes, der Flügel und Leitwerke auf Unversehrtheit, sowie darauf, daß alle Verbindungsstellen vorschriftsmäßig sitzen und gesichert sind. Besondere Aufmerksamkeit ist auf guten Sitz der Bolzen, der Flügel und Höhenleitwerkanschlüsse zu legen. Beide Höhenleitwerkhälften, die anklappbar angeordnet sind, werden angehoben und die Bolzenfestigung auf richtigen Sitz kontrolliert. Eine viereckige Klappe unter der linken Höhenflosse dient zur inneren Kontrolle der Anschlüsse.

Nach bisherigen Erfahrungen muß die Bepflankung der Flügel und des Rumpfes an folgenden Stellen auf Reißbildung untersucht werden: Flügeloberseite-Nasenbepflankung im zweiten Rippenfeld, Flügelunterseite,

Austritt der Antriebshebel für Wölbungsklappen aus dem Flügel und Rumpfoberseite vor dem einklappbaren Tragerohr;

das Spiel in den Rudern, Wölbungs- und Bremsklappen bei gleichzeitigem Festhalten der Ruder oder Klappen. Stets auf richtigen, sinngemäßen Ausschlag der Ruder achten. Die Steifigkeit der Ruder und Wölbungs-klappen durch leichtes Verdrehen der Endleiste feststellen;

die Kiel- und Bugfesselung durch mehrmaliges Auskuppeln eines Seiles unter Zug;

die Zuverlässigkeit des Fahrwerkes durch Ein- und Ausfahren des Laufrades. Dabei muß das Rumpffende angehoben werden, damit das Rad entlastet ist. Im angehobenen Zustand überzeugen wir uns auch von der freien Drehbewegung des Rades;

den Kabinen- und Gepäckraum. Es dürfen sich keine losen Gegenstände darin befinden. Alle Dinge müssen so befestigt sein, daß sie nicht zu einer Gefahr für den Piloten werden;

das Schließen und Bewegen der Kabinenhaube auf den Laufschiene;n;

die Ansnallgurte und Sicherheitsspangen auf Unversehrtheit;

den Zustand der Überzüge für das Kabinenverdeck und die Meßdüse auf Sauberkeit. Vor Überlandflügen werden sie im Gepäckraum hinter dem Piloten untergebracht;

die Meßdüse und die Funktion des Fahrtmessers durch vorsichtiges Blasen (Abstand ca. 100 mm). Dabei muß der Zeiger in Richtung des Geschwindigkeitsanstieges ausschlagen;

den eingeschalteten Wendezeiger, um festzustellen, ob die Batterie nicht verbraucht ist. Die Arbeitsweise des Wendezeigers wird durch Anheben und nach links und rechts Schwenken des Rumpffendes überprüft. Der Ausschlag des Zeigers muß in Drehrichtung erfolgen;

vor Wolkenflügen das Funktionieren der Beleuchtungsanlage. Durch mehrmaliges Schalten nach den entsprechenden Bezeichnungen kontrollieren wir die Positionslampen. Diese Tätigkeit soll man möglichst in der Halle durchführen und nicht im hellen Sonnenlicht;

das Funktionieren der Radbremse durch mehrmaliges Betätigen der Bremse während des Rollens des Segelflugzeuges auf hartem Boden. Der Luftdruck des Laufrades soll 2,5 bis 3 atü betragen. Ist kein Manometer vorhanden, so ist der Luftdruck als ausreichend anzusehen, wenn die Reifendecke unter der Belastung des leeren Segelflugzeuges auf hartem Untergrund nicht plattgedrückt wird.

## Das Abstellen aufgerüsteter Segelflugezeuge

### *In der Flugzeughalle*

Flugzeughallen haben den Vorteil, daß man Flugzeuge gut unterbringen kann, ohne an ein zeitraubendes Auf- und Abrüsten zu denken. Die immer größer werdende Zahl von Segelflugzeugen an unseren Plätzen verursacht jedoch Raumnot. Jeder Kamerad kennt das berühmte Ein- und Ausräumen der Hallen, wo um jeden Zentimeter gekämpft wird. Ideenreichtum und Geschwindigkeit spielen hierbei eine große Rolle. Trotz aller Bemühungen, Platz zu sparen, sollte man die Segelflugzeuge nicht zu dicht abstellen. Ein unvorsichtiges Anheben der Flügel oder das Herausnehmen der Segelflugzeuge durch ortsunkundige Piloten führt oft zu Transportschäden. Eine wesentliche Raumeinsparung kann durch Hochstellen der Rumpfen erreicht werden. Für leichtere Segelflugzeuge (SG-38, Baby II b) eignen sich Abstellböcke, die am Kufenende das Segelflugzeug unterstützen (siehe Abb. 153). Schwerere Segelflugzeuge können ebenfalls hochgebockt werden, wenn die Stützen dementsprechend weiter hinten unter einem Spant stehen (siehe Abb. 154). Um ein Beschädigen der Rumpfspitze zu vermeiden, wird dort ein Holzklötzchen untergelegt. Unter die aufliegenden Flügel legt man am besten Holzrost. Stehen Segelflugzeuge mit Laufrädern

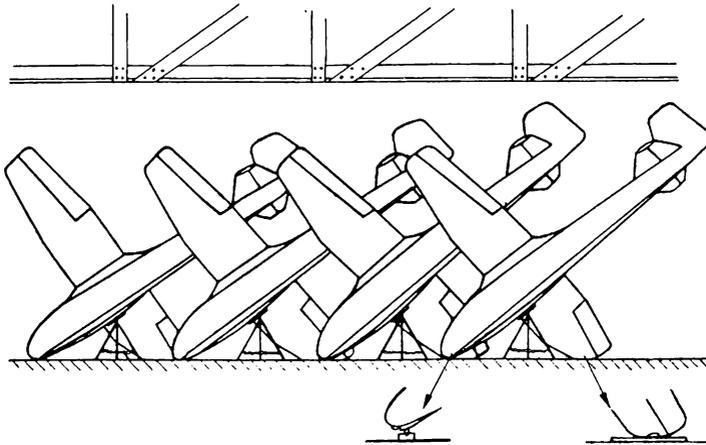
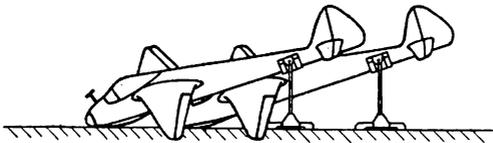
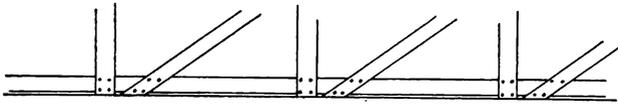


Abb. 153: Abstellen von Segelflugzeugen

längere Zeit abgestellt, so müssen die Räder so entlastet werden, daß die Kufe einen Teil des Gewichtes übernimmt.



*Abb. 154: Abstellen von Leistungssegelflugzeugen*

Flügelunterstützungen von großspannigen Segelflugzeugen, ungefähr ab 16 m Spannweite, soll man nur vornehmen, wenn eine längere Betriebsruhe erfolgt, beispielsweise falls in den Wintermonaten das Flugzeug nicht abgerüstet wird. Segelflugzeuge sind oft großen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen unterworfen. Zur besseren Durchlüftung öffnen wir die Handlochdeckel. Besteht Gefahr, daß Ungeziefer (Ratten und Mäuse) in die Halle kommt, darf man die Deckel nur dort öffnen, wo kein Einschlüpfen möglich ist (Flügelunterseite). Es sind Fälle bekannt, daß Stoffbänder, die nicht imprägniert waren, restlos vertilgt wurden. In solchen Fällen empfiehlt es sich, keinen Stoffüberzug für die Kabinenverglasung, sondern Haubenabdeckungen aus Kunststoffolie zu verwenden.

#### *Auf dem Flugplatz*

Abgestellte Segelflugzeuge müssen grundsätzlich mit dem tiefliegenden Flügel gegen den Wind zeigen, und zwar so, daß die Luftströmung schräg von hinten über das Profil geht. Die Bremsklappen sind voll auszufahren. Bleibt das Segelflugzeug nur kurzfristig abgestellt, da es die Startreihenfolge so verlangt, bewacht ein Kamerad den aufliegenden Flügel. Bei stärkerem Wind sollte sich ein zweiter Kamerad am Rumpfvorderteil aufhalten. Länger abgestellte Flugzeuge kann man mit Begrenzungsfähnchen sichern (Abb. 155).

Während das eine Fähnchen ein Anheben des Flügels verhindert, blockiert das zweite Fähnchen das voll ausgeschlagene Seitenruder. Das Auf-

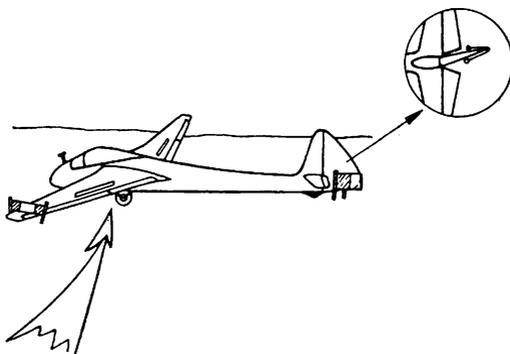


Abb. 155: Länger abgestelltes Segelflugzeug

legen von Kullerchen oder Fallschirmen auf die Flügelenden ist nicht ratsam, da die beweglichen Gegenstände Beschädigungen hervorrufen können.

In den Sommermonaten werden die Segelflugzeuge oft im Freien gelassen, wenn Mangel an Unterstellraum herrscht (Sommerlager). Dabei sollten aber behelfsmäßige Abdeckungen mit leichten wasserabweisenden Planen nachts zur Regel gehören und am Tage jederzeit möglich sein (Abb. 156).

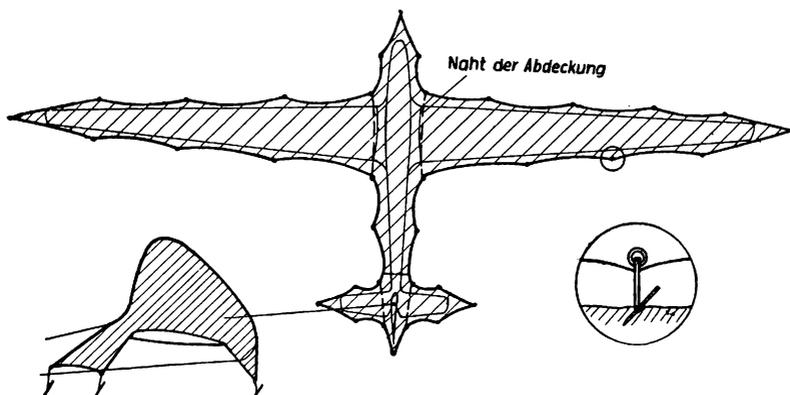


Abb. 156: Abdecken eines Segelflugzeuges

Sind keine Abdeckmöglichkeiten vorhanden und ein Naßwerden nicht ausgeschlossen, verklebt man alle Schlitze und Teile (Bremsklappen, Spaltverkleidung, Kabinen) mit Klebeband. Nachts werden die Segelflugzeuge windgeschützt abgestellt, und zwar so, daß kein Flügelende den Boden berührt. Rumpfspitze, Sporn und beide Flügelenden werden durch Seile und Erdanker gesichert. Segelflugzeuge großer Spannweite erhalten in der Flügelmitte eine weitere Sicherung. Sind an den Flügelenden keine Seilösen vorhanden, werden Befestigungsleinen über die Flügel gespannt, nachdem Polster unter die Seile geschoben wurden (siehe Abb. 157). Flügelendbefestigungen dürfen nur dann fest angezogen werden, wenn in den

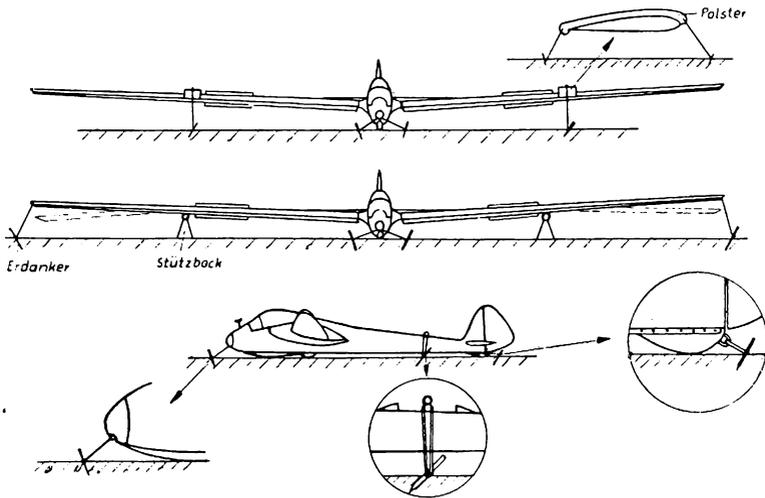


Abb. 157: Verankerungsmöglichkeiten

Flügelmitten Abstützungen vorhanden sind, da sonst ein Herunterziehen der Flügelenden erfolgt. Als Seilstärke empfiehlt sich 10 bis 20 mm starkes Hanftau oder ein Perlonseil. Tritt Regen ein, ist es ratsam, die Seilspannung des öfteren zu kontrollieren, da die Seile sich durch Feuchtigkeit straffen. Alle Ruder werden beim Abstellen blockiert.

Noch eine Bemerkung zur Kontrolle. Die beste Sicherung des Flugzeuges nützt nichts, wenn nicht bei allen Kameraden die Bereitschaft vorhanden ist,

schnell und entscheidend einzugreifen, falls Unwetter unser Fluggerät in Gefahr bringt.

### Transport von Segelflugzeugen

Segelflugzeuge mit Laufrädern können leicht transportiert werden. Leider ist das nur bis zum Hallentor möglich. Die Spannweiten der Flügel überrufen in den meisten Fällen die der Tore. Dann geht das Bugsieren los und endet nicht selten mit Transportschäden. Wie man sie verhindert, sollen die folgenden Zeilen aussagen.

#### *Anheben*

Das richtige Anheben geschieht folgendermaßen: Das Vorderteil des Segelflugzeuges wird mit einem Tragrohr angehoben, das quer unter dem Starthaken liegt. Es muß so lang sein, daß vier Kameraden bequem anheben können (am besten aus starkwandigem Stahlrohr hergestellt). Reicht das Tragrohr nur für zwei Kameraden, so kann mit den Schultern an der Holmwurzel nachgeholfen werden. Ein Anheben an den Streben, Leitwerken, Schulgleitersitzen usw. hat zu unterbleiben. Zum Anheben des Rumpfhinterteiles dienen die Tragegriffe oder -rohre. Man vermeide ein Umfassen des Rumpfes, denn leicht entstehen dabei Risse in der Beplankung, die nicht immer gleich entdeckt werden.

#### *Transportieren*

Mit Transportkarren (Kullerchen) werden Segelflugzeuge ohne Fahrwerk transportiert. Zur Verwendung kommen zwei Arten, die ältere davon hat eine Deichsel, die neuere Art dagegen wird so eingesetzt, daß mit dem gesamten Flugzeug gelenkt wird. Nachteilig ist, daß das Segelflugzeug nur schnauz- oder schwanzwärts gezogen werden kann. Allerdings ist das Auf- und Ab-

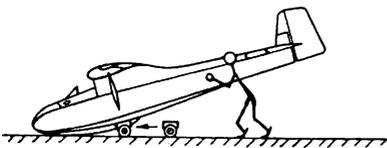


Abb. 158:  
*Anheben eines Segelflugzeuges*

laden sehr leicht, da der Transportkarren niedrig ist und ein Anheben des Rumpfhinterteiles genügt (Abb. 158). Die gleiche Art des Anhebens führt bei höheren Transportkarren zur Beschädigung der Rumpfspitze.

Transportiert man ein Segelflugzeug auf dem Laufrad, so kann man auf die Windrichtung keine Rücksicht nehmen. Starker Wind erfordert zusätzliche

Helfer an beiden Flügelenden. Die Bremsklappen können während des Transportes nicht immer ausgefahren bleiben, da sie größtenteils mit der Radbremse gekuppelt sind. Zum leichteren Transport wird das Rumpfhinter teil an den Tragegriffen etwas angehoben. (Vorsicht – nicht mit der freien Hand auf die Dämpfungsf läche oder Rumpfbep lankung drücken.) Weitere Helfer schieben beiderseitig an der Flügel nase oder Endleiste.

Man kann auch das Segelflugzeug mit einem Seil, das in der Bugkupplung befestigt ist, ziehen, wobei der Schwanzsporn auf dem Boden gleitet.

Ist ein Rückholwagen vorhanden, kann er zum Ziehen des Flugzeuges verwendet werden. Für die Sicherung des Segelflugzeuges ist es in diesem Falle notwendig, einen Helfer in das Segelflugzeug zu setzen oder neben der linken Kabinenseite laufen zu lassen, um notfalls das Schleppseil auskuppeln zu können.

Der Kamerad am Flügel ist dafür verantwortlich, daß das Segelflugzeug auf kein Hindernis gezogen wird. Transportiert man zwei Segelflugzeuge hinter einem Schleppfahrzeug, so müssen Flugzeuge mit großer Bodenfreiheit der Flügel vorn rollen, damit das Zugseil des hinteren nicht irgendwelche Schäden anrichtet. Obwohl beide Segelflugzeuge versetzt hinter dem Wagen rollen sollen, muß ein Helfer das Seil des hinteren Segelflugzeuges vom Rumpf und Leitwerk des vorderen abhalten. Für Segelflugzeuge ohne Radbremse ist besondere Vorsicht bei plötzlichem Stehenbleiben des Wagens geboten, da sie weiterrollen. Deshalb sollte man nicht über 10 km/h fahren.

Das Höhenruder wird während des Transportes mit Klemmen gesichert, um ein fortgesetztes Anschlagen an der Begrenzung zu vermeiden. Besser ist es, den Steuerknüppel in Normallage mit einem Gummiband oder der Schultergurtöse zu befestigen. Das ist beim Start der Maschine niemals zu übersehen, während eine Leitwerksklemme sehr leicht vergessen werden kann.

Der Transport von Segelflugzeugen auf Startkarren dürfte so bekannt sein, daß ich im Rahmen dieses Beitrages nicht darauf eingehen will.

Auch der Straßentransport soll keine Erwähnung finden, da jeder Transportanhänger besondere Maßnahmen erfordert. Zudem dürfte beim Straßentransport meist ein Fluglehrer oder Techniker anwesend sein.

## **Wartung von Segelflugzeugen**

### *Sauberkeit der äußeren Oberfläche*

Staub wird nach jedem Flugbetrieb oder längerer Standzeit auf der Oberfläche vorhanden sein. Meist kann er mit einem weichen Flanellappen o. ä. trocken abgewischt werden. Festsitzender Schmutz wird mit lauwarmem

Seifenwasser (nur chemisch neutrale Seife) abgewaschen. Schwamm oder Lappen sollten wiederholt im Wasser ausgespült werden. Verschmutzte Schwämme können leicht den Flugzeuglack zerkratzen. Während des Waschens muß man darauf achten, daß kein Wasser in die Verkleidungen, Bremsklappen und in die Ruderspalte eindringt. Zur restlosen Entfernung



*Abb. 159: Mit der Wartung des „SG 38“ muß sich der angehende Flugschüler zuerst vertraut machen.*

des Wassers verwendet man trockene Flanell- oder Wildlederlappen. Teer- und Schmierflecke entfernt man mit Tetralösung oder Benzin.

Abwaschen gehört zwar zur Sauberkeit, doch soll man es nicht übertreiben. Feuchtigkeit ist ein Feind unserer Segelflugzeuge. Nur nach größerer Verschmutzung sollte Wasser verwendet werden.

### *Konservierung der äußeren Oberfläche*

Nach dem Reinigen und ordentlichen Trocknen wird eine schwache Schicht Wachs auf die gesamte Oberfläche aufgetragen. Am besten eignet sich dazu Ceraval-Faltbootpaste, die gleichzeitig reinigt, poliert und imprägniert. Durch das Wachsen der Oberfläche erhält man einen guten Schutz gegen Witte-



*Abb. 160: Wer ein rechter Flieger werden will, kümmert sich beizeiten um „seine Maschine“.*

rungseinflüsse und eine glatte Oberfläche. Niemals die Paste zu dick auftragen oder schlecht verreiben (die Paste am besten mit etwas Terpentinöl verdünnen). Das Segelflugzeug erhält dadurch ein unansehnliches Äußeres, da Staub und Schmutz haften bleiben, ganz abgesehen von einer klebrigen, stumpfen Oberfläche.

### *Pflege nasser Flugzeuge*

Segelflugzeuge sind vor großer Nässe zu schützen. Ist ein Dauerregen zu erwarten, stellt man die Segelflugzeuge sofort unter. Nach kurzen Schauern reibt man die Oberfläche mit einem Flanell- oder Wildlederlappen besonders an den Stellen, die Wasser halten können, trocken. Bei Eindringen von Wasser in den Rumpf müssen evtl. alle lösbaren Teile (Sitz, Bodenbretter usw.) herausgenommen werden. Befindet sich Wasser im Inneren, ist dafür zu sorgen, daß es an den Wasserlöchern herausläuft. Das gilt auch für Flügel und Leitwerke.

Ist das Wasser innen und außen entfernt, so stellt man das Segelflugzeug mit geöffneten Handlochdeckeln und Bremsklappen sowie abgenommener Verkleidung und Kabinenhaube bis zur völligen Trocknung in den Zugwind.

### *Pflege der Kabinenverglasung*

Die Kabinenhauben bestehen aus Plexiglas oder ähnlichen Werkstoffen. Ist eine Haube verstaubt, sollte man sie niemals trocken abwischen, weil das Kratzer und Schrammen hinterläßt. Man reinigt sie stets vorsichtig mit lauwarmem Seifenwasser und Wildlederlappen. Nach gründlichem Trocknen poliert man mit Globol. Dieses Poliermittel muß gut verrieben werden, da bei geringen Temperaturen ein milchiges Beschlagen der Verglasung erfolgt. Stellt man nach dem Polieren leichte Kratzer im Glas fest, so versucht man, sie mit Wasserschleifpapier Nr. 100 bis 150 wegzuschleifen und herauszupolieren.

### *Sauberkeit in der Kabine*

Das Säubern des Kabineninneren erfolgt mit einem angefeuchteten Lappen oder einem Staubsauger nach jedem Flugbetrieb. Zum Säubern gehört auch das Öffnen der Bodenbretter oder Verkleidungen, da durch Kupplungsöffnungen und Radkasten viel Schmutz eindringt. Vor Gefahreineweisungen oder Kunstflug ist die Sauberkeit besonders sorgfältig zu kontrollieren, da herumfliegender Sand dem Piloten in die Augen fallen kann.

### *Behandlung der Bordgeräte*

Ein wertvoller Bestandteil jedes Segelflugzeugs sind die Bordgeräte. Unsachgemäßer Umgang (Klopfen an das Gerät) führt zu Ungenauigkeiten in der Anzeige, die nicht immer erkannt werden, da die Eichwerte nur auf Prüfständen ermittelt werden können. Eigenmächtige Reparaturen und Änderungen sind untersagt. Zeigt ein Gerät nicht an, so wird das Gerätebrett ent-

fernt und die Zuleitung auf richtigen Anschluß, auf Beschädigung oder Verstopfung untersucht. Ist die Zuleitung in Ordnung, so wird das defekte Gerät ausgebaut und an einen Fachbetrieb gesandt.

Ist das Segelflugzeug abgestellt, wird die Meßdüse mit einem Schutzbeutel vor Verschmutzung geschützt.

### *Schmierung*

Zur Schmierung sei nur so viel gesagt, daß nur säurefreie Öle oder Fette Verwendung finden dürfen. Nach ungefähr 25 Flugstunden oder bei geringerem Einsatz halbjährlich, werden alle beweglichen Teile (Gelenke, Wellen) mit einem halbsteifen Fett durchgeschmiert.

Flügelstreben mit einer Öffnung (Baby II b) gießt man im gleichen Intervall mit Synoxydöl aus. Nach einer geringen Wartezeit wird das Öl wieder entfernt.

Für Bolzen, besonders Flügelanschlußbolzen, sollte man ein Graphitölgemisch benutzen. Kegelbolzen werden nur mit einem öligen Lappen abgewischt, da sonst die Gefahr besteht, daß sie nicht genügend fest angezogen werden können und sich während des Fluges lockern.

## Kleines A B C

Zusammengestellt von GERD SALZMANN

*A-Prüfung* = Erste Prüfung in der Segelflugausbildung (Abz.: 1 weiße Möwe auf blauem Grund). Nach etwa 25 Starts legt der junge Pilot vier Bedingungsflüge von etwa 20 Sekunden Dauer und einen Prüfungsflug von 30 Sekunden Dauer im Geradeausflug ab.

*Abendthermik* = Die bei Sonneneinstrahlung in Wäldern und Gewässern aufgespeicherte Wärme wird bei der abendlichen Abkühlung der umgebenden Luft wieder frei. Es kommt zum thermikartigen Aufsteigen schwach erwärmter Luftmassen mit Steigebereichen bis maximal 1 m/s.

*abfangen* = Aufrichten eines Flugzeuges aus meist steiler Gleitfluglage in die Normalfluglage. Es ist grundsätzlich bei der Landung notwendig, um das Flugzeug mit geringster Fahrt an den Boden zu bringen.

*abheben* = Flugzeug wird beim Start nach Erreichen der Minimalfluggeschwindigkeit durch leichten Höhenruderausschlag vom Boden abgehoben.

*Ablösung* = Vorgang bei dem sich die durch Aufspeicherung von Warmluft an der Erdoberfläche entstandene Thermikblase vom Boden ablöst. Meist dadurch erkenntlich, daß sich Laub und Papier infolge Luftbewegung kreisförmig über den Boden bewegen und oft mehrere Meter hoch in die Luft gerissen werden.

*abreißen* = Bei Überschreiten des kritischen Anstellwinkels reißt die bis dahin gleichmäßig am Tragflügel anliegende Luftströmung an der Profiloberseite, wirbelförmig von der Endleiste her, ab.

*absolute Feuchtigkeit* = Tatsächlicher Wasserdampfgehalt der Luft;  $\alpha F$  gibt an, wieviel Gramm Wasserdampf im Augenblick in  $1 \text{ m}^3$  Luft enthalten sind.

*Advektion* = horizontaler Luftmassentransport

*alto* = Vorsatz vor der lateinischen Bezeichnung einer Wolkenart (z. B. alto-cumulus); gibt an, daß sie zu den mittelhohen Wolken gehört. Höhe 2000–6000 m.

*andrücken* = Fahrtaufholen des Segelflugzeuges

*Anstellwinkel* = Winkel zwischen Profில்sehne und Anblasrichtung; kann durch Höhenruderausschlag verändert werden.

*Aufgleitfront* = Herangeführte Warmluftmasse gleitet auf eine ruhende Kaltluftmasse auf; meist am Cirrusaufzug in der Höhe erkennbar.

*Auftrieb* = Man unterscheidet statischen Auftrieb bei Luftfahrzeugen, die leichter als Luft sind (Ballone, Luftschiffe) und dynamischen A. bei Luftfahrzeugen, die schwerer als Luft sind (Flugzeuge). Dynamischer Auftrieb kommt durch die am Tragflügel entstehenden Sog- und Druckkräfte der Luft zustande.

*Aufwind* = Vertikalbewegung der Luft. Man unterscheidet hauptsächlich:  
a) Hangaufwind, b) thermischen Aufwind, c) Frontenaufwind, d) Wellenaufwind.

a) Horizontale Luftströmung wird durch umfangreiches Bodenhindernis (Berg) zum Aufsteigen gezwungen, b) durch Sonneneinstrahlung wird trockener Untergrund an seiner Oberfläche stark erwärmt. Diese Wärme wird an darüber lagernde Luft abgegeben, die jetzt aufsteigt, da sie spezifisch leichter ist als die benachbarte nicht erwärmte Luft, c) entsteht in der Regel, wenn am Boden vordringende Kaltluftmasse sich keilförmig unter eine ruhende Warmluftmasse schiebt und dadurch zum schnellen Aufsteigen zwingt. (Hohe Steiggeschwindigkeiten!) d) siehe: „Wellenaufwinde“.

*B-Prüfung* = zweite Prüfung in der Segelflugausbildung (Abz.: 2 weiße Möwen auf blauem Grund). 5 Prüfungsflüge von je 60 Sekunden Dauer, bei denen jeweils ein Vollkreis zu fliegen ist.

*Beaufort-Skala* = Tabelle, die erstmalig von englischem Admiral gleichen Namens aufgestellt wurde (1805) und die Windstärken von der Windstille bis zum Orkan mit den Zahlen 0 bis 12 bezifferte.

*Beplankung* = Sperrholzplatten oder Bleche, die auf Rippen oder Spanten angebracht werden und so die Außenhaut eines Flugzeuges bilden.

*Bremsklappen* = auch Landeklappen genannt, sind ähnlich den Querrudern an den Tragflügel-Hinterkanten angebracht. In unmittelbarer Nähe des Rumpfes werden sie beiderseitig nach unten geklappt. Beim Klappenausschlag bis 15° wirken sie auftrieberhöhend (Start), bei 30° setzen sie auf Grund des hohen Stirnwiderstandes die Fluggeschwindigkeit herab und bewirken wegen ihrer erhöhten Wirbelbildung eine Verschlechterung des Gleitwinkels (Landung).

*C-Prüfung* = Dritte Prüfung in der Segelflugausbildung (Abz.: 3 weiße Möwen auf blauem Grund). 5 Bedingungsflüge von je 2 Minuten Dauer. Bei jedem Flug sind ein Links- und ein Rechtsvollkreis zu fliegen.

*cirro* = Vorsatz vor der lateinischen Bezeichnung einer Wolkenart (z. B. cirro-cumulus). Gibt an, daß sie zu den hohen Wolken gehört. Höhe 6000–13 000 m.

*Cumulus* = lateinische Bezeichnung der Haufen- oder Quellwolke. Entsteht meist dadurch, daß die in die Höhe steigende Warmluft infolge Abkühlung Wasserdampf ausscheidet, der kondensiert; somit Hinweis für das Vorhandensein thermischer Aufwindgebiete, in denen der Segelflieger Höhe gewinnen kann.

*D-Abzeichen* = Internationale Bezeichnung für das silberne Leistungsabzeichen.

*Bedingungen* : Ein 5-Stundenflug, ein Flug mit 1000 m Höhengew., ein Flug von 50 km Strecke. Es dürfen nicht mehr als zwei Bedingungen während eines Fluges abgelegt werden. Der Streckenflug setzt voraus, daß die Start- bzw. Ausklinkhöhe nicht mehr als 1% der Flugstrecke beträgt.

*Dämpfungsflächen* = Feststehende Flächen am Höhen- und Seitenleitwerk. An ihnen sind die beweglichen Ruder mit Gelenken befestigt. Vereinzelt gebaute Höhenleitwerke ohne Dämpfungsflächen bezeichnet man als Pendelruder.

*Deviation* = Abweichung des Flugzeugkompasses von magnetisch Nord durch Stahlteile in der Flugzeugkabine. Da die Abweichung bei verschiedenen Flugrichtungen unterschiedlich ist, muß eine Deviationstabelle vorhanden sein, die diese Unterschiede enthält. Da die Deviation in Segelflugzeugen unbedeutend ist, findet sie hier in der Kursberechnung meist keine Berücksichtigung.

*Differential* = V-förmige Anordnung der Quersteuer-Segmenthebel an der Steuerwelle. Sie bewirkt, daß die nach oben ausschlagende Querruderklappe einen größeren Ausschlag erreicht als die nach unten ausschlagende Klappe. Vermindert das negative Wendemoment des Flugzeugs.

*Drachenstart* = Selten angewandte Abart des Windenschlepps mit Schwerpunktesselung. Nur bei hohen Windgeschwindigkeiten möglich. Motor der Schleppwinde wird dabei nach Erreichen von  $\frac{2}{3}$  Schlepphöhe zum Stillstand gebracht. Da die Seiltrommel durch Motorkompression gehalten wird, steigt das Segelflugzeug wie ein Drachen weiter. Kurz vor dem Gipfelpunkt wird durch vorsichtiges Schleifen der Kupplung Seil nachgegeben. Vorgang kann bis zur vollen Seillänge wiederholt werden.

*Druckpunkt* = Der Punkt, in dem man alle am Tragflügelprofil angreifenden Kräfte (Drücke) zusammenfassen kann. Er liegt im Normalfall bei etwa  $\frac{1}{3}$  Profiltiefe und wandert bei geringerem Anstellwinkel nach hinten, während er bei größerem Anstellwinkel nach vorn rückt. Wenn diese Druck-

punktwanderung vermieden werden soll, verwendet man symmetrische oder S-Profile, die als druckpunktfeste Profile bezeichnet werden.

*E-Abzeichen* = Internationale Bezeichnung für das goldene Leistungsabzeichen.

*Bedingungen* : Besitz des silbernen Leistungsabzeichens, ein Flug mit 300 km Flugstrecke, ein Flug mit 3000 m Höhengewinn.

*Einradfahrwerk* = Der in den letzten Jahren immer mehr zur Verwendung kommende Einbau eines Laufrades in Rumpfmittle, meist unmittelbar hinter dem Flugzeugschwerpunkt. Fahrwerk kann fest oder einziehbar angeordnet werden und ist zumeist abgedeckt.

*Einstellwinkel* = Der Winkel zwischen Profilschneise und Rumpflängsachse. Da er konstruktionsmäßig festgelegt ist, kann er nicht willkürlich verändert werden. (Profilschneise = gerade Linie, die die beiden tiefsten Punkte eines unsymmetrischen Profils verbindet.)

*Erdanker* = Wichtiges Hilfsmittel, das bei keinem Überlandflug fehlen sollte. Korkenzieherartig gewundener Stahldraht von  $\varnothing$  5 mm und etwa 300 mm Länge wird nach Außenlandung in den Boden geschraubt und damit das Flugzeug gegen Windeinfluß gesichert.

*F-Abzeichen* = Internationale Bezeichnung für das goldene Leistungsabzeichen mit Diamanten. Für 5000 m Höhengewinn, 500 km Streckenflug und 300 km Zielstreckenflug werden insgesamt 3 Diamanten verliehen. Die Diamanten können einzeln verliehen und getragen werden.

*Fahrt* = Geschwindigkeit eines Flugzeugs; wird gemessen mit Fahrtmesser. Fahrtzunahme erfolgt im Segelflug durch „Drücken“ (Vorwärtsbewegung) des Steuerknüppels. Durch diesen Vorgang wird Höhenruder nach unten ausgeschlagen – angreifender Luftstrom drückt Flugzeugheck nach oben – Flugzeug geht auf den „Kopf“ und gewinnt an Geschwindigkeit.

*FAI* = Fédération Aéronautique Internationale (Internationale Luftfahrtföderation) Sitz in Paris. Vereint alle nationalen Aeroklubs. Vermittelt somit die internationale Zusammenarbeit aller Institutionen, die sich mit Luftsport befassen.

*Flächenbelastung* = Das Verhältnis von Fluggewicht zur Fläche des Tragflügels. Hohe Flächenbelastung ist für den Schnellflug erwünscht, für den Thermikflug unerwünscht. Vereinzelt werden daher in Segelflugzeugen Ballasttanks eingebaut. Sinn dieser mit Wasser gefüllten Tanks ist es, in der Zeit der stärksten Thermik ein Flugzeug mit hoher Flächenbelastung und

damit großer Geschwindigkeit zu haben. Zur Zeit der schwächeren Thermik ist der Pilot in der Lage, das Ballastwasser abzulassen, um auf Grund der so erreichten geringeren Flächenbelastung auch noch schwache Steigbereiche auszunutzen.

*freitragend* = Anordnung der Tragflügel, ohne durch Spanndrähte oder Streben zum Flugzeugrumpf abgestützt zu sein (z. B. Segelflugzeug „Meise“).

*Gemischtbauweise* = In den letzten Jahren vielfach angewandte Bauweise bei Segelflugzeugen. In den meisten Fällen wird hierbei der Rumpf aus Stahlrohrfachwerk gebaut, während Leitwerk und Tragflügel in Holzbauweise hergestellt werden (z. B. „Pionyr“, „Mü 13E II“).

*Gleitverhältnis* = Eigentlich das Verhältnis  $C_w : C_a$ . Wird jedoch häufig als Verhältnis der Flugweite zur Flughöhe bezeichnet, d. h., ein Flugzeug mit Gleitverhältnis 1 : 30 kommt im Idealfall aus 1000 m Höhe 30 km weit.

*Hochachse* = Eine gedachte Achse, die senkrecht durch den Flugzeugschwerpunkt verläuft. Ein Flugzeug, das eine Eigenstabilität um die Hochachse besitzt, wird als richtungsstabil bezeichnet. Drehungen um die Hochachse werden mit dem Seitenruder vorgenommen.

*Hochstart* = Die noch bei der Einsitzerschulung vorkommende Bezeichnung als Unterschied zum Flachstart. Als Flachstarts werden alle Geradeausflüge (max. etwa 60 m Schlepphöhe), als Hochstarts alle Platzrunden- und Vollkreisflüge bezeichnet. Die Doppelsitzerschulung bedient sich nur des „Hochstarts“, d. h. die Flugzeuge werden vom ersten Start an auf volle Schlepphöhe gestartet.

*Induzierter Widerstand* = Druckausgleich an den Tragflügelenden. Der Ausgleich von dem an der Unterseite vorhandenen Druck zu dem an der Oberseite vorhandenen Sog führt zum Entstehen von Randwirbeln, die sich von den Flügelenden ablösen und eine sogenannte Wirbelschleppe bilden. Durch Verkleinerung des Einstellwinkels zu den Flügelenden hin (geometrische Schränkung), durch Übergang zu symmetrischen Profilen an den Flügelenden (aerodynamische Schränkung) und durch andere bauliche Maßnahmen wie Wirbelkeulen, Endscheiben usw. versucht man, den induzierten Widerstand möglichst gering zu halten.

*Inversion* = Umkehrung der normalerweise vorhandenen Temperaturabnahme mit der Höhe. Die Inversionsschicht wird häufig auch als Sperrschicht bezeichnet, da sie das Aufsteigen von Warmluft durch Temperaturzunahme der umgebenden Luft sperrt.

*Kondensation* = Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Zustand  
*Kondensationsbasis* = Höhe, bei welcher der in aufsteigender Warmluft vorhandene Wasserdampf durch Abkühlung ausscheidet und zu kondensieren beginnt. Für die Wolkenbildung ist das Vorhandensein von Kondensationskernen (feinste Staub- und Schmutzteilchen), an denen sich der Wasserdampf niederschlagen kann, unerlässlich.

*Konvektion* = senkrechter Luftmassentransport

*kopflastig* = Lage des Flugzeugschwerpunktes vor dem Auftriebsmittelpunkt; kann durch Trimmklappe am Höhenruder in bescheidenen Grenzen zwangsweise herbeigeführt werden. Hauptsächliche Anwendung beim Flugschlepp, um den aus höherer Fahrt sich ergebenden Ruderdruck des Höhenruders in erträglichen Grenzen zu halten.

*Landehilfen* = Im Segelflug sind heute hauptsächlich Sturzflugbremsen und Wölbungsklappen gebräuchlich. Bei den Sturzflugbremsen werden zaunartige Klappen quer zur Strömungsrichtung, etwa im Bereich des größten Auftriebs, aus dem Tragflügel ausgefahren. Dadurch wird einmal ein Teil des Auftriebs zunichte gemacht, und das Flugzeug sinkt schneller; zum anderen wird durch den erhöhten Widerstand die Fluggeschwindigkeit herabgesetzt. Die Wölbungsklappen haben vorwiegend die Aufgabe, durch erhöhten Widerstand die Fluggeschwindigkeit herabzusetzen.

*Längsachse* = Eine gedachte Linie, die längs des Rumpfes durch den Flugzeugschwerpunkt verläuft. Ein Flugzeug, das um die Längsachse eigenstabil ist, wird als querstabil bezeichnet. Drehungen um die Längsachse werden mit den Querrudern vorgenommen.

*Leegebiet* = Die dem Winde abgekehrte Seite eines Berghanges. Der Wind führt bei abfallendem Leehang zu starker Turbulenz, die ein landendes Flugzeug sehr gefährden kann. Unter bestimmten meteorologischen Voraussetzungen bilden sich im Leegebiet eines Gebirges wellenförmige Luftbewegungen, die als Leewellen bezeichnet werden (s. Kapitel: „Wellenflug“).

*Luvgebiet* = Die dem Winde zugekehrte Seite eines Berghanges. Von Neigungswinkel und Höhe des Luvhanges sowie von seinem Vorgelände ist der Hangaufwind abhängig. Bekannteste Hangfluggelände in Deutschland sind: Laucha a. d. Unstrut (DDR), Wasserkuppe/Röhn (DBR), Hornberg b. Schwäbisch Gmünd (DBR) und Unterwössen/Bayerische Alpen (DBR).

*manuell* = Hier: Auslösung des Fallschirmes durch Handbetätigung. Der heute in der DDR gebräuchliche Rettungsfallschirm „S-27/III-53“ gestattet

den wahlweisen Einsatz mit manueller oder automatischer Betätigung. Beim Leistungsregeln ist allgemein die manuelle Öffnung gebräuchlich. Der Pilot ist dadurch beim Notsprung in der Lage, sich vor der Auslösung beliebig lange fallen zu lassen, bis er aus einem starken Aufwindgebiet oder gefährbringenden Wolken heraus ist.

*Metallbauweise* = Eine bei Segelflugzeugen im allgemeinen nicht übliche Bauweise, bei der alle tragenden und formgebenden Teile aus Metall, meist Leichtmetall, gefertigt werden.

*Millibar* (mb) = Meteorologische Maßeinheit für den Luftdruck. 1000 mb entsprechen 750 mm Hg. Normaldruck für Luft 1013 mb oder 760 mm Hg.

*Moazagottl* = Fliegerbezeichnung für alto-cumulus lenticularis (linsenförmige, mittelhohe Haufenwolke). Typische Wolkenformation, die das Vorhandensein von Leewellen anzeigt. Nach der Geschichte soll der Schäfer Gottlieb Motz (mundartl. Maoza Gotl), der im Hirschtaler Becken seine Herde weiden ließ, beobachtet haben, daß bei einer bestimmten Wetterlage über dem Riesengebirge eine eigenartige Wolke entstand. Im Gegensatz zu anderen Wolken veränderte sie nicht ihre Lage und entstand stets an der gleichen Stelle. Die Bevölkerung gab dieser Wolke den Namen des Schäfers. Wolf Hirth entdeckte bei seinen Segelflügen von Grunau aus, daß unter dieser Wolke stets ein gleichmäßiger Aufwind anzutreffen war. Er gab daher einem von ihm entwickelten Leistungssegelflugzeug den Namen „Moazagotl“. Eine Weiterentwicklung dieses Typs ist die „Minimoa“ (Miniatur-Moazagotl), die heute noch in einigen Exemplaren fliegt, obwohl sie bereits 1935 konstruiert wurde.

*Nase* = Im allgemeinen Vorderteil des Rumpfes, Rumpfspitze. Wird aber auch für den vordersten Teil des Tragflügels angewandt (Nasenleiste). Freitragende Flügel haben meist eine sogenannte Torsionsnase. Vom Untergurt des Holms läuft dabei eine Sperrholz-Diagonalbeplankung über die Nasenleiste bis zu seinem Obergurt. Durch diese Anordnung wird eine Art Rohr erzeugt, das den Flügel verdrehungssteif macht.

*Oberflächenbehandlung* = Bei Hochleistungsseglern wird die ohnehin schon mehrfach gelackte Bespannung oder Beplankung des Tragflügels noch poliert. Das Polieren beseitigt die Oberflächenrauigkeit völlig und setzt damit den Reibungswiderstand herab.

*orographisch* = durch die Gebirgsformen bestimmt

*Pendelruder* = Höhenruder, das keine Dämpfungsfläche besitzt. Es ist kurz

hinter dem ersten Drittel der Profiltiefe drehbar gelagert. Pendelruder sind sehr feinfühlig zu bedienen und haben hohen Steuerdruck zur Folge.

*Pitotrohr* = Staurohr, das zum Antrieb von Bordinstrumenten, hauptsächlich des Fahrtmessers, dient. Gemessen wird der Druckunterschied zwischen dem in der Rohrmündung abgenommenen Staudruck und dem an der Rohr-außenwand abgenommenen statischen Druck.

*Platzrunde* = Die ersten Hochstartübungen in der Windenschleppschulung werden als Platzrunden geflogen. Der Pilot hat dabei mit seinem Flugzeug die Aufgabe, nach dem Ausklinken des Schleppseils den Flugplatz in Form eines Rechtecks zu umrunden.

*Polardiagramm* = Erstmals wohl von Lilienthal angewandte graphische Darstellung, die das Verhältnis von Auftrieb und Widerstand eines Profils bei verschiedenen Anstellwinkeln zeigt. Aus dem Diagramm kann weiterhin der beste Gleitwinkel ermittelt werden.

*Profil* = Allgemein der Querschnitt durch den Tragflügel. Man unterscheidet vor allem symmetrische und unsymmetrische Profile (gerade und gewölbte Profilmittellinie). Als Profilschneise bezeichnet man eine gedachte gerade Linie, die die beiden tiefsten Punkte eines unsymmetrischen Profils verbindet.

*Querachse* = Eine gedachte Linie, die längs der Tragflügel durch den Flugzeugschwerpunkt verläuft. Ein Flugzeug, das um die Querachse stabil ist, wird als längsstabil bezeichnet. Drehungen um die Querachse werden mit dem Höhenruder vorgenommen.

*Randbogen* = Ein meist lamellierter Holzbogen, der die Flügelenden abschließt. Randbögen werden meist mit tropfenförmigen Holzpuffern ausgestattet, um ihre Beschädigung bei Bodenberührung zu vermeiden. Dünne, spitz auslaufende Randbögen tragen zur Herabsetzung des induzierten Widerstandes bei.

*relative Feuchtigkeit* = Verhältnis des tatsächlichen zum möglichen Wasserdampfgehalt der Luft.

*Rippen* = Die formgebenden Teile des Tragflügels. Sie bestehen aus Ober- und Untergurten, Stegen und Diagonalen. Die Rippen verbinden die Nasenleiste, die Holme und die Endleiste miteinander; bilden also eine Art Skelett. Die Außenform einer Rippe ist mit dem Profil identisch.

*Rutscher* = Erste Flugübung bei der Einsitzerschulung. Das Flugzeug wird hierbei von der Winde so langsam geschleppt, daß es nicht vom Boden

freikommt, sondern nur auf dem Boden rutscht. Der Schüler hat vor allem die Aufgabe, die zuvor beim Pendeln erlangten Kenntnisse anzuwenden und mit den Querrudern die ordnungsgemäße Querlage des Flugzeuges zu halten.

*Schränkung* = Verkleinerung des Einstellwinkels der Endrippen gegenüber der Wurzelrippe (geometrische Schränkung) oder Übergang zu symmetrischen Profilen an den Flügelenden (aerodynamische Schränkung). Durch Flügelschränkung wird im überzogenen Flugzustand erreicht, daß, wenn allgemein die Strömung am Tragflügel abreißt, an den Flügelenden – also im Bereich der Querruder – noch ein Anliegen der Strömung zu verzeichnen ist. Flügelschränkungen haben ferner den Vorteil, daß der Druckausgleich von Flügelunterseite zu Flügeloberseite über den Randbogen hinweg vermindert und dadurch der induzierte Widerstand herabgesetzt wird. Oftmals werden beide Schränkungen gemeinsam angewendet.

*Schulgleiter* = Ein Gleitflugzeug, das bei der Anfängerschulung nach der Einsitzermethode verwendet wird. Bekannt geworden ist der „Schulgleiter (SG)-38“, ein sehr robustes Flugzeug mit Gitterrumpf. Bei den ersten Starts sitzt der Schüler frei auf dem Sitz, während bei Hochstarts der Sitz durch ein „Boot“ verkleidet wird. Der SG-38 zeigt ein derartig gutmütiges Flugverhalten, daß er in aller Welt nachgebaut wurde.

*schwanzlastig* = Lage des Schwerpunktes hinter dem Auftriebsmittelpunkt. Kann in bescheidenen Grenzen willkürlich mit der Trimmklappe hervorgehoben werden. Bauliche Schwanzlastigkeit wird meist durch größeren Einstellwinkel des Höhenleitwerkes ausgeglichen. Unbeachtete Schwanzlastigkeit ist eine große Gefahr, da sie zum Flachtrudeln des Flugzeuges führen kann.

*Seitengleitflug* = (Slip) Eine gewollte Gleitwinkelverschlechterung, die dadurch erreicht wird, daß der Pilot Seiten- und Querruder gegeneinander ausschlägt. Die Maschine schiebt dadurch mit hängender Fläche und dem zum Landepunkt schräggestellten Rumpf über Grund. Der Slip, evtl. in Verbindung mit Landeklappen, wird vor allem zur Landung auf kleinen Flächen angewandt. Das Beherrschen des Seitengleitfluges gehört zur Grundausbildung jedes Piloten.

*stratus* = Lateinische Bezeichnung der Schichtwolke. Entsteht durch das Aufeinandertreffen zweier verschieden warmer Luftmassen. In vielen Fällen gleitet eine Warmluftmasse auf eine am Boden lagernde Kaltluftmasse auf. Durchschnittliche Höhe der Stratuswolken bis 2000 m.

*Sublimation* = Übergang vom gasförmigen in den festen Zustand

*Thermik* = Bei gleichem Druck ist wärmere Luft leichter als kältere. Sie steigt demzufolge in Blasenform empor und wird als Thermik bezeichnet.

*Topographie, absolute* = Höhenschichtbild des Luftdrucks

*Trimmung* = Eine bei Flugzeugen übliche Vorrichtung, um Schwanz- oder Kopflastigkeit auszugleichen, die durch unterschiedliche Zuladung hervorgerufen werden kann. Die ordnungsgemäße Trimmung, die die richtige Schwerpunktlage des Flugzeugs herstellt, wird entweder durch Trimmgewichte oder durch die Trimmklappe am Höhenruder erreicht. Bei Trimmklappenausschlag nach unten wird die Höhenruderklappe nach oben ausgeschlagen. Dadurch wird im Flug das Flugzeugheck herabgedrückt und so in gewissen Grenzen einer Kopflastigkeit entgegengewirkt.

*Turbulenz* = Luftunruhe, Böigkeit oder auch Verwirbelung

*Venturidüse* = Sogrohr, das zum Fahrtmesserantrieb benutzt wird. Gemessen wird der Druckunterschied zwischen dem im Düseninnern abgenommenen Unterdruck und dem an der Außenwand abgenommenen statischen Druck. Die auf gleichem Prinzip beruhende Doppeldüse, bei der zwei Venturidüsen ineinandergelagert sind, erreicht einen stärkeren Unterdruck und wird deshalb als Förderdüse für Wendezeiger verwandt.

*Windmesser (Anemometer)* = Gerät, das mittels Düse oder einem sich drehenden Schalenkreuz die Windgeschwindigkeit mißt. Für die Anfängerschulung unerlässlich, da die ersten Flugübungen nur bei Windgeschwindigkeiten bis zu 4 bzw. 6 m/s durchgeführt werden dürfen.

*Wolkenformen und ihre Einteilung:*

1. Gattung Cirrus (Ci) = Federwolken mit den Arten: filosus (Ci fil), uncinus (Ci unc), densus (Ci den), nothus (Ci not), floccus (Ci flocc), vertebratus (Ci vert).
2. Gattung Cirrocumulus (Cc) = feine Schäfchenwolken;
3. Gattung Cirrostratus (Cs) = hohe Schleierwolken, mit den Arten: nebulosus (Cs neb) und filosus (Cs fil)
4. Gattung Altocumulus (Ac) = grobe Schäfchenwolken mit den Untergattungen translucidus (Ac tra) und opacus (Ac op) und den Arten cumulogenitus (Ac cug), floccus (Ac flocc) castellatus (Ac cast) und lenticularis (Ac lent)
5. Gattung Altostratus (As) = mittelhohe Schichtwolken mit den Untergattungen translucidus (As tra), opacus (As op) und praecipitans (As pra).

6. Gattung Stratocumulus (Sc) = Haufenschichtwolken mit den Untergattungen translucidus (Sc tra), opacus (Sc op) und der Art vespertilis (Sc vesp).
7. Gattung Stratus (St) = tiefe Schichtwolken und Fractostratus (Fst).
8. Gattung Nimbostratus (NS) = Regenwolken
9. Gattung Cumulus (Cu) = Haufenwolken mit den Arten Fractocumulus (Fcu), humilis (Cu hum) und congestus (Cu con).
10. Gattung Cumulonimbus (Cb) = Gewitterwolken mit den Arten calvus (Cb cal) = kahl, capillatus (Cb cap) = schopfförmig, incus (Cb inc) = anboßförmig und arcus (Cb arc) = kragenförmig.

*Zielflug* = Wichtige Leistungsflugdisziplin, die als internationale Rekordkategorie geführt wird. Der Pilot hat dabei vor seinem Start einem Sportzeugen das Ziel anzugeben, das er im Flug erreichen will. Darüber hinaus werden auch Zielflüge mit Rückkehr zum Startort durchgeführt. Bei Streckenflugleistungen sind Zielflüge besonders schwierig, da der Pilot hierbei in den seltensten Fällen die Windversetzung für den Streckengewinn ausnutzen kann.

*Zirkulation* = Kreislauf, vor allem auf Luftmassen bezogen, aber auch auf die Strömung am Tragflügelprofil.

# Weltrekord-Liste der FAI

(Stand vom 2. August 1957)

---

## Klasse D (Segelflugzeuge)

### 1. Kategorie (Einsitzer-Segelflugzeuge)

#### Dauerflug (Frankreich)

Charles Atger auf dem Segelflugzeug „Arsenal Air 100“, in Romanin les Alpilles, 2., 3. und 4. April 1952 . . . . . 56 Std. 15 Min.

#### Entfernungsflug in gerader Richtung (Vereinigte Staaten)

Richard H. Johnson auf dem Segelflugzeug „Ross-Johnson“ N 3722 C von Odessa. (Texas) nach

#### Entfernungsflug mit festgesetztem Ziel (Frankreich)

Kommandant René Fonteilles auf dem Flugzeug „Bréguet 901“, von Troyes-Barberey nach Dax am 13. Mai 1956 . . . . . 677,61 km

#### Entfernungsflug mit festgesetztem Ziel und zurück zum Abflugpunkt (Tschechoslowakei)

Vladislav Zejda auf dem Segelflugzeug VT 100 Demant, 30. Mai 1957 . . . . . 518,066 km

#### Unbeschränkter Höhenflug (Vereinigte Staaten)

William S. Ivans jr. auf dem Segelflugzeug Schweizer S. G. S. 1-23 in Bishop (Kalifornien) am 30. Dezember 1950 . . . . . 12 832 m

#### Höhengewinn (Vereinigte Staaten)

William S. Ivans jr. auf dem Segelflugzeug Schweizer S. G. S. 1-23 in Bishop (Kalifornien) am 30. Dezember 1950 . . . . . 9174,5 m

#### Schnelligkeitsflug auf einer Dreieckstrecke von 100 km (Polen)

Jersey Wojnar auf dem Segelflugzeug „Jaskółka“ SP 1325, Strecke: Leszno-Rawicz-Gostyn-Leszno, am 15. Mai 1954 . . . . . 94,716 km/h

**Schnelligkeitsflug auf einer Dreieckstrecke von 200 km (Frankreich)**

Guy Rousselet, Segelflugzeug „Bréguet 901“  
F. C. A. J. A. Strecke: Saint-Auban – Beaurière-  
Embrun – Saint-Auban, am 4. Mai 1956 . . . . . 77,495 km/h

**Schnelligkeitsflug auf einer Dreieckstrecke von 300 km (Großbritannien)**

Comdr. G. A. J. Goodhart (RN) auf dem Segel-  
flugzeug Hirth L. O. 150, Strecke: Urinquinti –  
Yanko – Oaklands-Uruquinti (Australien), am  
9. Januar 1956 . . . . . 76,636 km/h

**2. K a t e g o r i e (Mehrsitzer-Segelflugzeuge)**

**Dauerflug (Frankreich)**

Bertrand Dauvin und Henri Couston auf dem  
Segelflugzeug Kranich III, Romain les Alpilles,  
vom 6. bis 8. April 1954 . . . . . 57 Std. 10 Min.

**Fernflug in gerader Richtung (Sowjetunion)**

Victor Iltchenko, Pilot; Grigory Petchnikov, Flug-  
gast, Zweisitzer-Segelflugzeug A. 10., von Kount-  
sevo (Moskau) nach Ilovlia (Stalingrad), am  
26. Mai 1953 . . . . . 829,822 km

**Fernflug mit festgesetztem Ziel und zurück zum Punkt des Abflugs (Süd-  
afrika)**

Evert Domnisse, Pilot; Samuel J. Barker, Fluggast,  
auf dem Segelflugzeug Kranich II Z S-G von  
Keetmanshoop nach Mariental und zurück am  
9. Februar 1952 . . . . . 436 km

**Fernflug mit festgesetztem Ziel (Polen)**

Jerzy Popiel, Pilot; Adolf Siemaszkiewicz, Fluggast,  
auf dem Segelflugzeug Zuraw II. S. P.-1211, von  
Lublin nach Hrubieszow, am 20. Juli 1953 . . . . . 541,300 km

**Unbeschränkter Höhenflug (Vereinigte Staaten)**

Laurence E. Edgar, Pilot; H. E. Klieforth, Flug-  
gast, auf dem Segelflugzeug Pratt-Read, in Bishop  
(Kalifornien) am 19. März 1952 . . . . . 13 489 m

### Höhengewinn (Vereinigte Staaten)

Laurence E. Edgar, Pilot; Harold E. Klieforth,  
Fluggast, auf dem Segelflugzeug Pratt-Read  
PK-G1, Bishop (Kalifornien) am 19. März 1957 10 493 m

### Geschwindigkeitsflug auf der Dreieckstrecke von 100 km (Deutschland)

Ernst-Günter Haase, Pilot; Reinaldo Picchio,  
Fluggast, auf dem Segelflugzeug Condor IV,  
Klippeneck, am 13. August 1952 . . . . . 80,338 km/h

### Geschwindigkeitsflug auf der Dreieckstrecke von 200 km (Polen)

Henryk Zydorczak, Pilot; Eugeniusz Oles, Flug-  
gast, auf dem Segelflugzeug „Bocian“ SP-1564,  
Strecke: Lisie Katy-Przepalkowo-Zblewo-Lisie  
Katy, am 14. August 1955 . . . . . 66,048 km/h

### Geschwindigkeitsflug auf der Dreieckstrecke von 300 km (Jugoslawien)

Zvonimir Rain, Pilot; Petar Bogojevic, Fluggast,  
auf dem Segelflugzeug Kosava, Strecke: Vrsac-  
Becej-Jakovo-Vrsac, am 7. Juni 1956 . . . . . 64,177 km/h

## Frauenrekorde

### 1. Kategorie (Einsitzer-Segelflugzeuge)

#### Dauerflug (Frankreich)

Fräulein Marcelle Choynet, auf dem Segelflugzeug  
Air-100 n° 5, Romain les Alpilles, 17.-19. Novem-  
ber 1948 . . . . . 35 Std. 3 Min.

#### Fernflug in gerader Richtung (Sowjetunion)

O. Klépikova auf dem Segelflugzeug „Rot Front 7“  
von Moskau nach Otradnoje, Bezirk Stalingrad,  
am 6. Juli 1939 . . . . . 749,203 km

#### Fernflug mit festgesetztem Ziel (Polen)

Frau Pełagia Majewska, Segelflugzeug „Jas-  
kolka“ SP-1605. Strecke: Pinczyn-Tyszowec,  
am 10. August 1956 . . . . . 518,59 km

### **Fernflug mit festgesetztem Ziel und zurück zum Punkt des Abflugs (Polen)**

Barbara Dankowska auf dem Segelflugzeug  
„Jaskolka“ SP-1489, Strecke: Lisie Katy – Kobyl-  
nica – Lisie Katy, am 23. Mai 1956 . . . . . 341,9 km

### **Höhengewinn (Vereinigte Staaten)**

Fräulein Betsy Woodward, auf dem Segelflugzeug  
„Pratt-Read“, in Bishop (Kalifornien) am 14. April  
1955 . . . . . 8 533 m

### **Unbeschränkter Höhenflug (Vereinigte Staaten)**

Frau Betsy Woodward, auf dem Segelflugzeug  
„Pratt-Read“, in Bishop (Kalifornien) am 14. April  
1955 . . . . . 12 190,2 m

### **Geschwindigkeitsflug auf der Dreieckstrecke von 100 km (Polen)**

Wanda Szemplinska, auf dem Segelflugzeug „Jas-  
kolka“ SP-1311, Strecke: Leszno-Rawicz-Gostyn-  
Leszno, am 15. Mai 1954 . . . . . 75,564 km/h

### **Geschwindigkeitsflug auf der Dreieckstrecke von 200 km (Polen)**

Wanda Szemplinska auf dem Segelflugzeug „Jas-  
kolka“ Strecke: Leszno-Sroda-Wlkip-Sulmierzye am  
14. Juni 1957 . . . . . 59,930 km/h

## **2. K a t e g o r i e (Mehrsitzer-Segelflugzeuge)**

### **Dauerflug (Frankreich)**

Frau Jacqueline Mathé, Pilot; Frau M. Garbarino,  
Fluggast, auf dem Segelflugzeug Castel Mau-  
boussin CM 7 n° 02, Romain les Alpilles, am  
11. und 12. Januar 1954 . . . . . 38 Std. 41 Min.

### **Fernflug in gerader Richtung (Sowjetunion)**

O. Klepikowa und V. Bordina auf dem Segelflug-  
zeug „Stakonoetz“, von Twula nach Konotop am  
19. Juni 1940 (anerkannt am 16. September 1947) 443,714 km

### **Fernflug mit festgesetztem Ziel (Frankreich)**

Fräulein Francine Albanie und Fräulein Jacqueline  
Trubert, auf dem Segelflugzeug „Castel 25“, von  
La Ferté-Alais nach Cognac, am 16. April 1955 379,713 km

**Fernflug mit festgesetztem Ziel und Rückkehr zu dem Punkt des Abflugs (Polen)**

Pelgia Majewska Pilot; Halina Oleksiewicz, Fluggast, auf dem Segelflugzeug Bocian SP-1564, Strecke: Lisie Katy-Kobylnica-Lisie Katy, am 23. Mai 1956 . . . . . 341,9 km

**Höhengewinn (Frankreich)**

Frau M. Choynet-Gohard, Pilot; Frau J. Queyrel, Fluggast, auf dem Segelflugzeug Castel Mauboussin CM n° 02, in Saint-Auban sur Durance, am 18. Januar 1951 . . . . . 6 072 m

**Unbeschränkter Höhenflug (Frankreich)**

Frau M. Choynet-Gohard, Pilot, Frau J. Queyrel, Fluggast, auf dem Segelflugzeug Castel Mauboussin CM n° 02, in Saint-Auban sur Durance, am 18. Januar 1951 . . . . . 7 042 m

**Geschwindigkeitsflug auf der Dreieckstrecke von 100 km (Sowjetunion)**

Anna Samocadova, Pilot; A. V. Neventchannaya, Fluggast, auf dem Segelflugzeug A-10 n° 1, Strecke (Umfang): Grabtsevo-(Kalouga)-Makarovo-Pétémychl-Grabtsevo, am 30. Juli 1952 . . . . . 64,285 km/h

**Geschwindigkeitsflug auf der Dreieckstrecke von 200 km (Polen)**

Pelagia Majewska, Pilot; Wladyslawa Adamczyk, Fluggast, auf dem Segelflugzeug Bocian SP-1564, Strecke: Lisie Katy – Zbelwo – Przepalkovo – Lisie Katy, am 24. Mai 1956 . . . . . 66,551 km/h