

DEUTSCHES MUSEUM
ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

VOM SEGELFLUG UND
SEGELFLUGZEUG

VON

WOLF HIRTH VDI



HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAGE DES DEUTSCHEN MUSEUMS VON:
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E. h. J. ZENNECK VDI, München
Prof. Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. C. MATSCHOSS VDI, Berlin

Zuschriften sind zu richten an die Abteilung für Technikgeschichte
des VDI, Berlin NW 7, Ingenieurhaus

DEUTSCHES MUSEUM

Einteilung, Besuchszeiten und Eintrittspreise

Erdgeschoß Ost (Montag geschlossen)	Geologie, Berg- und Hüttenwesen, Metallbearbeitung, Kraftmaschinen
Erdgeschoß West (Dienstag geschlossen)	Landverkehrsmittel, Straßen-, Eisenbahn-, Tunnel- und Brückenbau, Schiffbau, Flugtechnik, Meteorologie
1. Obergeschoß (Donnerstag geschl.)	Zeitmessung, Mathematik, Mechanik, Wärmelehre, Elektrizität, Telegraphie, Telephonie, Optik, Fernsehen, Akustik, Musikinstrumente, Chemie, Nahrungsmittel und Pharmazie
2. Obergeschoß (Freitag geschlossen)	Bauwesen, Beleuchtung, Heizung, Wasserversorgung, Bäder, Gastechnik und Elektrotechnik
3. Obergeschoß (Samstag geschlossen)	Astronomie, Geodäsie, Textilindustrie, Papierherstellung, Reproduktionstechnik, Landwirtschaft, Brauerei, Brennerei
Bibliothek	Lesesäle, Bücherschau, Nachschlageabteilung, Urkundensammlung, Patentschriften

Besuchszeiten:

Sammlungen	Täglich 9 bis 18 Uhr
Bibliothek	Werktags 9 bis 21 Uhr, Sonntags 9 bis 18 Uhr

Eintrittspreise:

Sammlungen	Erwachsene RM 1,—, Sonntags 50 Pf., Jugendliche 25 Pf.
Bibliothek	Erwachsene 30 Pf., Jugendliche 15 Pf.

Führungen werden jederzeit durch die Kasse vermittelt
Restauration und Buchhandlung im Hause
Straßenbahn 1, 2, 9, 11, 19, 30 — Fernsprecher: 22856

DEUTSCHES MUSEUM
ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

10. JAHRGANG

HEFT 4

VOM SEGELFLUG UND
SEGELFLUGZEUG

VON

WOLF HIRTH VDI

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten
Printed in Germany

Druck : Triasdruck G.m.b.H., Berlin SW 68

Eine Flugmaschine erdenken, ist nichts,
eine konstruieren, ist wenig —
fliegen ist alles. (Lilienthal)

Vom Segelflug und Segelflugzeug

Von *Wolf Hirth VDI*, Vaihingen-Stuttgart *)

Die Natur als Vorbild

Die Segelflieger sind älter als die Menschheit. Aus der Triaszeit schon sind gewaltige Gleiter und Segler bekannt, neben dem Pterodaktylus der Pteranodon mit einer Spannweite von 7 m und der Rhamphorhynchos, der mit einem senkrechten Schwanzsegel seinen Flug steuerte. Auch der Urvogel Archäopterix sei hier erwähnt.

Diese Segler freilich konnten dem Menschen kaum als Anregung dienen, denn die geologischen und klimatischen Veränderungen der Kreidezeit entzogen diesen Urgleitern die Nahrung — und die starken Luftbewegungen, die sie zum Fliegen brauchten. Nur eine dunkle Erinnerung blieb von ihnen in den Drachensagen erhalten.

Aber seit der Mensch in die Geschichte eintrat, sah er über sich Vögel dahinfliegen. Der Wunsch, es ihnen gleichzutun, ist mit ihm zugleich erwacht und durch die Vorbilder in der Tier- und Pflanzenwelt immer wieder neu entsacht worden. Bis in die Gegenwart hinein sind die Männer, denen der Wunsch zu fliegen keine Ruhe ließ, bei der Natur in die Lehre gegangen. Flugechsen und „Fliegende Hunde“ sind Vorstufen des „Gleitflugzeuges“, der Insektenflug gibt uns heute noch manches Rätsel auf, aus der Pflanzenwelt gilt der Löwenzahn als Muster des Fallschirms, die Samen vieler Bäume, der Linde, des Ahorns, der Kiefer u. a. drehen sich im Fall wie Luftschauben und erzielen so einen um vieles vergrößerten Auftrieb. Der Samen der javanischen Zanoniapalme ist sogar so vollkommen „eigenstabil“, daß er aus jeder Lage heraus wieder die richtige Gleitfluglage cinnimmt. Die Etrich-Rumplertaube und das Junkers-Nurflügel-Flugzeug sind nach diesem Vorbild gebaut worden.

Die eigentlichen Fluglehrmeister waren aber doch die Vögel. Uralt sind die Versuche, die Flügel des Vogels nachzubilden und im Schwingenflug den Luftraum zu erobern. Flügel sind ein Zeichen göttlicher

*) Der Verfasser, ein erfolgreicher Motor- und Segelflieger, der auch als Flugzeugbauer bewährte Baunuster von Übungs- und Leistungsflugzeugen schuf, hat kürzlich ein „Handbuch des Segelfliegens“ herausgegeben.

Bei der Vorbereitung der Handschrift für dieses Heft hat er Herrn Dipl.-Volkswirt *Otto Matschoß*, Stuttgart, mitherangezogen.

Eigenschaft, bekannt sind z. B. die Vogelgötter Ägyptens, Flügelschuhe trägt Hermes, der griechische Götterbote, Flügel tragen die Engel der christlichen Religionen, zwei Raben sind die Begleiter Wodans. In den Sagen und Mythen der Völker finden wir immer wieder geflügelte Fabelwesen und das Schwanenkostüm der verzauberten Prinzen taucht häufig im Märchen auf.

Sagengestalten, Träumer und Denker

Daß *Dädalus* und *Ikarus* in den starken Aufwindgebieten der Küste Kretas bereits geflogen sind, ist nicht ausgeschlossen, denn die Flüge von *Ferdinand Schulz* mit seiner „Besenstielkiste“ (1923) beweisen, daß die Stetigkeit des Küstenwindes auch einfachsten Flugzeugen nennenswerte Leistungen ermöglicht.

Wieland der Schmied, so erzählt die Sage, wußte schon, was heute jeder Flugschüler neu lernt: „Du magst wissen, daß sich alle Vögel gegen den Wind emporheben und ebenso setzen.“

Von *Archytas* von Tarent, Schüler der Pythagoräer, wird berichtet, er habe eine Taube gebaut, die „mit dem verborgenen Atem einer in ihrem Inneren eingeschlossenen Luft“ flog. Ob es sich um einen ersten Warmluftballon handelte, ob die Taube nur ein Mechanismus mit bewegten Flügeln war, weiß man nicht. Wahrscheinlich eilte hier, wie oft in der Geschichte des Fluges, die Phantasie der Wirklichkeit voraus.

Um 1250 hat sich auch der große Universalgelehrte *Roger Bacon* mit dem Menschenflug beschäftigt und heute verwirklichte Möglichkeiten vorausgeahnt, freilich ohne über die praktische Ausführung etwas auszusagen. Dagegen ist *Leonardo da Vinci* einer der ersten, der wirklich wissenschaftlich die Voraussetzungen des Menschenfluges untersucht. Er, der zu den größten Ingenieuren seiner Zeit gehört, hat unter seinen Schriften auch ein „Buch vom Vogelflug“ hinterlassen. Der erste Teil dieser Schrift spricht vom dynamischen Flug, dem Aufstieg durch Flügelschlag, der zweite Teil behandelt den Schwebeflug, ein dritter Teil berichtet von allgemeinen Beobachtungen. Bis in welche Einzelheiten er den Schwierigkeiten des Segelfluges nachging, läßt sich z. B. daran erkennen, daß er das Fliegen in größeren Höhen für ungefährlicher ansah als dicht über der Erde wegen der Wirbelwinde, die aus den Bergschluchten aufsteigen. Dem Warmluftballon war er schon sehr nahe, auch mit dem Schwingenflug befaßte er sich genau, die Wirkungen des Luftwiderstandes und die „Stromlinie“ beschäftigten ihn schon. Er erfand einen Fallschirm. Ja, auch die senkrecht aufsteigende Flugmaschine, den Schraubenflieger, hat er vorausgedacht, und seine Vorstellung von der Wirkung einer Luftschaube war vollkommen richtig.

Aber der große Vogel, von dem er sprach, ist nicht geflogen. Vielleicht hinderten ihn die technischen Grenzen seiner Zeit, vielleicht auch nur seine ständige Rastlosigkeit, seine Pläne zu verwirklichen.

Wir wissen von vielen Männern, die mit geringeren Kenntnissen von den Gesetzen der Luft als Leonardo Schwingenflugzeuge entwarfen und damit zu fliegen versuchten. 1675 stürzte in Frankfurt *Bernou* bei einem Flugversuch tödlich ab. Bekanntgeworden sind der Uhrmacher *Jakob Degen*, der in Wien 1811 einen Schwingenflieger baute, ein empfindliches Werk aus Bambus und gefirnißtem Papier und sein Schüler *Berblinger*, der „Schneider von Ulm“. Beiden sind ihre Versuche mißglückt, weil sie mehr von der Idee besessen als sachkundig waren.

Dagegen ging der Engländer *Cawley* ganz wissenschaftlich vor. Um 1810 entwarf er eine Maschine mit Tragflächen, mit Höhen- und Seitenruder und Antrieb durch eine Luftschaube. Aber er war seiner Zeit voraus. Auch ihm fehlten die technischen Mittel, vor allem die geeignete Antriebskraft.

Doch nun hörte der Traum vom Fliegen nicht mehr auf, Männer zu beschäftigen, die einander gegenseitig anregten und voneinander lernten.

Da ist der Franzose *L. P. Mouillard*, der als Farmer in Algerien 30 Jahre lang den Adlerflug beobachtete, skizzierte und schließlich ein Buch schrieb „Das Reich der Luft“. Das von ihm gebaute Flugzeug flog nicht, aber sein Buch wirkte weiter.

So wurde sein Landsmann *Clement Ader* davon angeregt, aber auch seine drei mit großen Kosten erbauten Riesen-Eindecker hatten keinen Erfolg.

Der erste Mann, der nach zeitgenössischer amerikanischer Darstellung¹⁾ mit einem Gleitflugzeug flog, war *John J. Montgomery*, der 1884 mit seinem nach dem Vorbild der *S e e m ö v e* gebauten Gleiter in Otay-Californien etwa 200 m einen Hang hinabglitt. Mit weiteren Gleitern hatte er wenig Erfolg, nachdem der erste bald zu Bruch gegangen war. Nach langen Studien baute er 1904 einen sogenannten Tandem-Monoplane, mit dem er von einem Heißluftballon aus startete und sehr beachtliche Leistungen vollbrachte. Nachdem bereits bei einer seiner Großvorführungen sein bester Pilot *D. Malony*, tödlich abgestürzt war, erreichte ihn 1911 das gleiche Schicksal.

Von denen, die in den Jahrzehnten um *Lilienthal* an der Arbeit waren, seien noch einige kurz erwähnt.

Arnold Böcklin, der Maler, war Zeit seines Lebens Anhänger des Segelfluges. Um 1882 baute er selbst mehrere Gleiter, die aber immer wieder durch Windstöße zerstört wurden, ohne daß je ein Flug gelang. Als Greis noch hat er auch Lilienthal besucht und war Zeuge von dessen Flügen.

1) *O. Chanute: Progress in flying machines.*

Octave Chanute war über 60 Jahre alt, als er sich dem Segelflug wandte. Er hatte ein erfolgreiches Leben als Ingenieur und Brückenbauer hinter sich, als er zu fliegen begann, zusammen mit *A. M. Herring*, der sich bei Lilienthal seine Grundkenntnisse erworben hatte. Er baute hauptsächlich Mehrdecker, wobei ihm seine Brückenbauerfahrungen zugute kamen. An 800 Flüge führte er ohne Unfall durch, ein Zeichen für die Stabilität seiner Gleiter.

Percy S. Pilcher, der als junger Ingenieur Lilienthal besuchte, ist deswegen erwähnenswert, weil er als erster den „Schleppflug“ versuchte. Von einem Pferdegespann ließ er sich gegen den Wind ziehen. Seine Erfolge ermutigten ihn, ein Motorflugzeug zu bauen. Aber vor dem ersten Flug damit verunglückte er mit seinem alten „Hawk“ tödlich.

Als bedeutendste Pioniere dieser Zeit sind die Brüder *Wright* zu nennen. Die Leistungen, durch die sie vornehmlich bekannt wurden, liegen zwar auf dem Gebiet des Motorfluges, aber ihre lange und zielbewußte Arbeit begann mit dem Segelflug und brachte auch hier die ersten (damals streng gehaltenen) Erfolge.

Otto Lilienthal, der „Vater des Segelflugs“

Otto Lilienthal wurde am 23. Mai 1848 in Anklam in Pommern geboren. Zusammen mit seinem Bruder *Gustav* beobachtete er schon als Junge den Flug der Störche in der Karlsburger Heide. Als *Otto* 13 Jahre alt war, bauten die Brüder ihre erste „Flugmaschine“. Um dem Spott der Kameraden zu entgehen, begannen die Brüder ihre ersten Versuche in mondheller Nacht.

Sechs Jahre später bauten die beiden ein neues Schwingenflugzeug, mit „Fußantrieb“. Nach dem Besuch der Gewerbeschule Potsdam arbeitet *Otto* praktisch in einer Berliner Maschinenfabrik. An der Gewerbeakademie studiert er Mechanik und wird ein ausgezeichneter Ingenieur. Darüber aber wird die Beobachtung des Vogelfluges nicht vergessen. Genaue Aufzeichnungen und Messungen bilden den Grund für spätere Bauformen. Sofort nach dem Krieg von 1870/71 geht er wieder an seine Konstruktionen. Er beschäftigt sich mit der Frage des Gleichgewichts, der richtigen Schwerpunktlage, er baut kleine Modelle, die ihm wertvolle Erfahrungen vermitteln. Aber für den Bau eines großen Gleitflugzeuges fehlt es ihm zunächst an Geld.

Zwanzig Jahre lang ist er nun als Ingenieur und Erfinder tätig. Eine neue Bergbauhilfsmaschine konstruiert er, er wird der Erfinder des Ankersteinbaukastens, einer Turbine, er erfindet den Schlangenrohrkessel, er konstruiert, verbessert, arbeitet.

Schließlich hat er sich selbstständig gemacht, wird Besitzer einer kleinen Maschinenfabrik. Und nun bekommt er langsam die Mittel zusammen, um sich ganz seiner Lebensaufgabe zuwenden zu können.

Er hatte seine Pläne freilich niemals ruhen lassen, jede freie Minute hatte er für Versuche und Berechnungen verwendet. Ein Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“, das 1889 erscheint, faßt die bisherigen Erkenntnisse zusammen.

1891 wird auch das erste wirkliche Gleitflugzeug Lilienthals fertig. Aus geschälten Weidenruten sind die Tragflächen gebildet, mit Baumwollstoff überzogen, die ganze Fläche von etwa 10 m^2 ist mit Wachs luftdicht gemacht. Armstützen sollen den Flieger tragen, durch Verlagerung der Füße soll das Gleichgewicht gehalten werden.

Im Garten hinter der Werkstatt werden die ersten Vorversuche von einem Sprungbrett aus unternommen. Dann geht es hinaus in die Umgebung von Berlin. Lilienthal fliegt! Zuerst sind es nur kurze Sprünge und Gleitflüge von wenigen Metern, aber er ist unermüdlich. Er baut einen „Hangar“ für seine Gleiter, dessen Dach als Lauffläche eingerichtet ist, so daß der Flieger aus einer Höhe von 10 m mit Anlauf abfliegen konnte. Später zieht er mit seinen Flugzeugen in die Rhinower Berge, wo er von einer größeren Höhe Abflugmöglichkeit hat. Ein treuer Helfer bei allen Versuchen ist sein Mechaniker Eulitz.

1894 kauft Lilienthal, der nun fast nur seiner Berufung lebt, den aus einem Kanal ausgebaggerten Sand und läßt einen künstlichen Hügel von 15 m Höhe aufschütten mit einer unterirdischen Halle für die Gleiter. Er hat inzwischen seine Flugzeuge so gebaut, daß die Flügel, zusammengeklappt, nur noch wenig Raum einnehmen.

Mit welcher Energie und welchem Erfolg Lilienthal sich dem praktischen Flug widmet, geht daraus hervor, daß er in den fünf Jahren zwischen 1891 und 1896 an 2000 geglückte Flüge unternahm, die längsten zwischen 200 und 300 m, von einigen Sekunden bis über eine Minute Dauer. Man hat berechnet, daß er insgesamt über 5 Stunden in der Luft war.

1895 schreibt er: „In starkem Wind hat der Flug sogar eine stark steigende Tendenz. Ich erreiche oft Höhen in der Luft, die viel höher als mein Startpunkt liegen . . .“

Am 9. August 1896 startete er bei stürmischem Wind mit einem neuen Flugzeug, das er später für Motorflüge ausbauen wollte. In 15 m Höhe gehorchte ihm die Maschine nicht mehr, anscheinend war er durch die neue Steuerung verwirrt. Lilienthal brach die Wirbelsäule und starb am nächsten Tag. Mit 43 Jahren hatte er zu fliegen begonnen, ein ganzes Leben lang war er vom Gedanken des Fluges besessen, er starb, so wird berichtet, mit den Worten: „Opfer müssen gebracht werden!“

Seine besondere Leistung liegt darin, daß er der erste war, der theoretische Kenntnisse und eine überdurchschnittliche technische Begabung mit einem unermüdlichen Willen verband, der die konstruktiven Voraussetzungen des Segelfluges erkannte und praktisch erprobte,

der erste schließlich, der wirklich segelte, d. h. motorlos Höhe gewann. Sein Beispiel hat viele Deutsche und Ausländer angeregt, seine Erfahrungen haben sich die Folgenden zunutze gemacht und so ist er der wahre „Vater des Segelflugs“ geworden.

Ein Kapitel Flugphysik

Wie kommt es überhaupt, daß ein Flugzeug, das doch schwerer als die Luft ist, fliegt, und zwar ohne Motor? Zunächst einige Grundbegriffe die zum Verständnis nötig sind.

Jedes Flugzeug ohne eigene Antriebskraft fliegt im Gleitflug, d. i. ein Flugzustand, bei dem ständig Höhe verloren geht, wie ein Radfahrer ohne Kraftaufwand einen Berg hinabstaut. Jedes Flugzeug hat eine bestimmte Sinkgeschwindigkeit (V_s), das ist der Höhenverlust je Sekunde. Diese Sinkgeschwindigkeit beträgt z. B. bei heutigen Übungsseglern (Göppingen „Wolf“, „Grunau Baby“) etwa 1 m/s, bei den Leistungsseglern (Condor, Minimoa, Rhönadler) 0,8 bis 0,5 m/s. Ein weiterer Begriff, der für den Segelflug wichtig ist, die Gleitzahl, gibt das Verhältnis von verlorener Höhe zu zurückgelegter Strecke an. Ein Gleiter, der von einem 100 m hohen Hügel abfliegt und in einer Entfernung von 1000 m vom Start den Boden erreicht, hat eine Gleitzahl von 1 : 10. Heutige Schulgleiter haben etwa diese Gleitzahl, Hochleistungssegler bringen es bis auf 1 : 30 und mehr.

Auch was wir als Segelflug im eigentlichen Sinne bezeichnen, ist eine besondere Art des Gleitfluges, nämlich ein solcher ohne Höhenverlust gegenüber dem Boden bzw. sogar mit Höhengewinn. Er kommt dadurch zustande, daß die umgebende Luft ebenso schnell oder schneller steigt als das Flugzeug sinkt. Hat die steigende Luft, der Aufwind, z. B. eine Steiggeschwindigkeit von 1 m/s und das Flugzeug eine Sinkgeschwindigkeit von 0,7 m/s, so gewinnt es 0,3 m/s an Höhe gegenüber dem Boden. Man macht sich das leicht klar, wenn man sich eine aufwärts gehende Rolltreppe vorstellt, deren Stufen man hinunter geht. Wenn man etwas langsamer geht, als die Treppe rollt, so gelangt man immer weiter nach oben, obgleich man sich ständig abwärts bewegt.

Warum aber gleitet das Flugzeug und fällt nicht senkrecht zu Boden wie andere Körper?

Das Grundgesetz des Fluges hat Lilienthal einmal so ausgedrückt: „Alles Fliegen beruht auf der Erzeugung von Luftwiderstand, alle Flugarbeit besteht in der Überwindung von Luftwiderstand. Somit bilden die Gesetze des Luftwiderstandes die Fundamente der Flugtechnik.“

Alle Körper haben ein bestimmtes Beharrungsvermögen und setzen einer Änderung ihres Zustandes einen Widerstand entgegen, der abhängig ist von der Masse des Körpers bzw. von seiner Beschleunigung.

Ein Körper, der sich durch die Luft bewegt, muß Luftteilchen aus seiner Bahn verdrängen oder sie vor sich hertreiben, er muß ihren Widerstand überwinden. Die Stärke dieses Widerstandes ist verschieden. Er wächst einmal mit der Größe der Fläche, die sich gegen die Luft bewegt, mit der Stirnfläche des Körpers, und zwar im gleichen Verhältnis mit ihr. Zum zweiten ist er abhängig von der relativen Luftgeschwindigkeit. Es ist dabei gleichgültig, ob sich der Körper in ruhender Luft bewegt, oder ob Luft gegen den ruhenden Körper strömt, oder ob sich beide gegeneinander bewegen. Meßversuche ergeben, daß der Luftwiderstand im Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Zum dritten ist der Widerstand abhängig von der Form des umströmten Körpers²⁾. Der Begriff der Stromlinie ist heute allgemein bekannt. Ein Körper in Stromlinienform hat von allen Körpern gleicher Stirnfläche den geringsten Widerstand — gleiche Luftgeschwindigkeit vorausgesetzt.

Der Druck, der auf der Stirnfläche aufprallenden Luftteilchen, der **Staudruck**, ist bei allen Körpern gleicher Stirnfläche gleich groß. Dennoch hat eine flache Kreisscheibe etwa den 25fachen Widerstand eines entsprechenden Stromlinienkörpers.

Dieser große Unterschied erklärt sich so: Die auf der Stirnseite des Körpers aufgestaute Luft wird seitlich abgelenkt und sucht sich, mit erhöhter Strömungsgeschwindigkeit, hinter dem Hindernis wieder zu vereinigen. Dieses Zusammenströmen gelingt aber infolge der Trägheit der Luftteilchen erst in einiger Entfernung hinter dem Körper, so daß auf seiner Rückseite ein luftverdünnter Raum entsteht, ein Gebiet geringeren Druckes, das einen Ausgleich anstrebt und dadurch eine saugende Wirkung auf seine Umgebung ausübt. Die vorbeiströmende Luft wird in diesen Sograum z. T. hineingerissen, sie bildet Wirbel, und auch der Körper wird von der Saugkraft festgehalten oder gar „rückwärts“ gezogen.

Die Verwirbelung wird nun um so geringer, je weniger der Luftstrom durch die Körperform gestört, je mehr ihm durch sie der Wiederausgleich erleichtert wird. Der Stromlinienkörper erfüllt diese Voraussetzungen am besten. Die Bilder 1 bis 5 veranschaulichen die Darstellung.

Die Oberflächenbeschaffenheit des umströmten Körpers einerseits, die Dichte des umströmenden Mediums zum anderen sind schließlich die beiden letzten Einflüsse, von denen die Größe des Widerstandes abhängt.

Die Erkenntnis dieser Faktoren, die den Luftwiderstand bestimmen, gibt uns zunächst freilich keine Erklärung dafür, welche Kraft das Flugzeug in der Luft hält. Das Wissen um den Widerstand ist aber

²⁾ Den Beitrag der Körperform zum Gesamtwiderstand drückt die Widerstandsbeizahl (C_w) aus. Sie gibt an, in welchem Verhältnis der tatsächliche Widerstand zum Staudruck (s. u.) steht.

notwendig, wenn man diese tragende Kraft, den Auftrieb, verstehen will; denn ihm liegen die gleichen Gesetze zugrunde.

Springt man von einem Boot aus an Land, so wird zugleich das Boot vom Ufer abgestoßen. Eine Kugel, die aus dem Lauf geschleudert wird, gibt dem Gewehr einen Rückstoß. Ähnlich erklärt sich ein Teil des



Bild 1



Bild 2



Bild 3

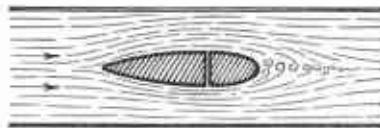


Bild 4

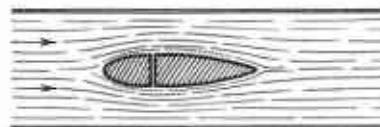


Bild 5

Bild 1 bis 5. Wirbelbildung hinter verschiedenen angeströmten Körpern gleicher Stirnfläche. Der den Strömungslinien am besten angepaßte Stromlinienkörper hat die geringste Wirbelbildung, d. h. den niedrigsten Widerstandswert

Auftriebes als Rückstoß der Luft, die durch eine schräg gegen die Luft gestellte Fläche abgelenkt wird. Der Flug des Papierdrachens, den jeder aus seiner Jugend kennt, kommt so zustande.

Der Winkel, den die Fläche (der Drachen) mit der anströmenden Luft bildet, heißt der Anstellwinkel. Der Auftrieb wächst mit

vergrößertem Anstellwinkel. Infolge der dadurch vergrößerten Stirnfläche wächst aber auch der Widerstand. Er erreicht seinen Höchstwert bei 90° ; der Auftrieb nimmt aber von etwa 20° an ab und ist bei $90^\circ = 0$. Auch mit einer Vergrößerung der Fläche wächst der Auftrieb, aber gleichzeitig wächst damit ihr Widerstand.

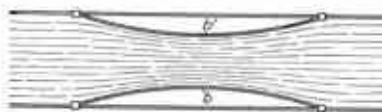


Bild 6



Bild 7



Bild 8



Bild 9



Bild 10

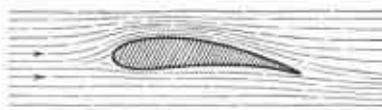


Bild 11

Bild 6 bis 11. Beobachtungen im Strömungskanal und in der Natur zeigen, daß eine Verengung des Strombettes die Strömung beschleunigt. In der Luft bilden die ungestörten Luftsichten die „Ufer“

Der Flugzeuggbauer wird also versuchen, bei möglichst kleinem Widerstand einen möglichst großen Auftrieb zu erzielen.

Erfahrung und Berechnung haben ergeben, daß in dieser Hinsicht am günstigsten eine gewölbte Fläche mit stromlinienförmigem Profil ist. Ein solches Profil hat einen geringen Widerstand, zugleich ergibt

sich durch die Wölbung bereits bei sehr kleinen Anstellwinkeln ein Auftrieb. Die Stirnfläche bleibt dabei klein, der Widerstand wird verhältnismäßig wenig verstärkt.

Der Druck auf der Tragflächenunterseite genügt aber nicht, den starken Auftrieb, der tatsächlich entsteht, zu erklären. Es kommt vielmehr dazu, daß die strömende Luft auf der Oberseite der gewölbten Tragfläche schneller als auf der Unterseite fließt. Man möge sich vorstellen, daß das gleichmäßig breite „Bett“ des Luftstromes durch die Profilwölbung verengt wird. Der durch die Profilnase nach oben abgelenkte Teil der Luft erfährt infolgedessen eine Beschleunigung, wie jede Beobachtung eines unregelmäßigen Wasserlaufes zeigt. Dadurch wieder (Lehrsatz von Bernoulli) entsteht an der Oberseite der Fläche



Bild 12. Jeder Tragflügel verliert bei einem bestimmten Anstellwinkel, der vom Profil abhängig ist, einen großen Teil seines Auftriebs, während der Widerstand stark wächst. Die Strömung „reißt ab“

ein Unterdruck, ein „Sog“^{2a)}). An jedem Zerstäuber kann man sich diese Sogwirkung leicht verdeutlichen. Dieser Sog ist nun etwa doppelt so stark wie der Druck auf der Unterseite. Es ergibt sich danach die zunächst überraschende Feststellung, daß ein Flugzeug überwiegend hochgesaugt, nicht hochgedrückt wird, Bild 6 bis 11.

Daß der Auftrieb mit dem Anstellwinkel zunimmt, wurde bereits erwähnt. Das ist aber bei der gewölbten Flugzeugfläche nur in engen Grenzen richtig. Wird der Anstellwinkel nämlich größer als etwa 15°, so fließt die Strömung nicht mehr glatt an der Oberseite entlang, es bilden sich, von der Hinterkante ausgehend, Wirbel, die Strömung „reißt ab“, der Auftrieb verwandelt sich in starken Widerstand, das Flugzeug verliert „Fahrt“, Bild 12. Da der Auftrieb wie der Widerstand mit der Geschwindigkeit wächst, so bedeutet eine Verminderung der relativen Luftgeschwindigkeit zugleich einen vermehrten Auftriebsverlust, der schließlich so groß werden kann, daß das Flugzeug abstürzt. Zugleich erklärt diese letzte Feststellung aber auch, warum die langsam fliegenden Segelflugzeuge verhältnismäßig größere Tragflächen brauchen als schnelle Motormaschinen, soweit sie den geringeren Auftrieb nicht durch niedriges Gewicht wieder wett machen.

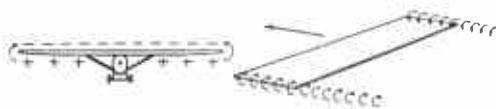
^{2a)} Der von mir verwendete Ausdruck „Sog“ für „Druckverminderung“ ist zwar nicht einwandfrei, wird aber der Einfachheit wegen verwendet.

Der unter der Tragfläche herrschende Überdruck sucht sich mit dem Unterdruck auf der Flügeloberseite an den Tragflächenenden auszugleichen. Dadurch entstehen die Randwirbel, die sich bei der raschen Bewegung des Flugzeuges zu einer Wirbelschleppen auswachsen und den induzierten Widerstand hervorrufen, Bild 13.

Diesen Widerstand sucht man durch ein gutes Seitenverhältnis — Verhältnis von Flügeltiefe zu Spannweite (F/b^2) — auszugleichen, denn je größer die Spannweite, desto geringer ist die Wirkung des induzierten Widerstandes.

Der Vergrößerung der Spannweite sind aber durch die Erfordernisse der Festigkeit und Steuerbarkeit Grenzen gesetzt. Andere Mittel, den induzierten Widerstand zu verringern, sind die Verjüngung der Flügelenden, die Druck und Sog vermindert, und die Schränkung, d. h. die Verringerung des Anstellwinkels nach den Enden zu, so daß

Bild 13. Druckausgleich
an den Flügelenden und
„Wirbelschleppen“ die
Ursachen des induzierten
Widerstandes



bei normaler Fluglage an den Enden überhaupt kein oder nur geringer Auftrieb vorhanden ist^{2b)}.

Bisher war immer nur von der Tragfläche und ihrer günstigsten Form die Rede. Wenn es nur auf den Auftrieb ankäme, so brauchte man auch nichts weiter zum Fliegen. Vom Flugzeug wird aber noch etwas anderes verlangt, nämlich Stabilität, das ist die Eigenschaft durch die ein Flugzeug, das durch Böen oder Ruderwirkung aus der Normallage gebracht wurde, diese selbsttätig wieder einnimmt. Sie erleichtert das Fliegen und gibt größere Sicherheit. Je größer allerdings die Stabilität, desto geringer ist die Wendigkeit.

Entsprechend den drei Bewegungssachsen des Flugzeuges muß von einer dreifachen Stabilität gesprochen werden. Von der Längsstabilität gegen Kippen nach vorn oder hinten, von der Querstabilität gegen seitliches Kippen und von der Kursstabilität gegen Abweichungen aus der Flugrichtung.

Zur Längsstabilität gehört der Begriff des Druckmittelpunktes, den wir uns als Gegenstück des Schwerpunktes vorzustellen haben, also als den gedachten Angriffspunkt aller von der Erde wegstrebenden Kräfte. Dieser Druckmittelpunkt liegt in der Normallage, genau über dem Schwerpunkt der Tragfläche, etwa im ersten Drittel

^{2b)} Diese wie auch einige andere Erklärungen sind nicht unbedingt einwandfrei, dienen aber bei dem beschränkten Raum dieser Abhandlung am besten der anschaulichkeit.

der Flügeltiefe. Aber er wandert: bei vergrößertem Anstellwinkel nach vorn, bei verminderterem nach hinten.

Ein Tragflügel, den man allein fliegen lassen würde, ginge sehr schnell aus der normalen Gleitfluglage in eine andere Lage über. Denn verschiebt sich der Druckpunkt nur ein wenig nach vorn, so ergibt sich eine Drehneigung, die Flügelnase würde weiter gehoben, die Hinterkante würde durch die Schwerkraft nach unten gezogen, sehr schnell würde die Fläche „überzogen“ sein. Wandert der Druckpunkt nach hinten, so geht der Gleitflug bald in Sturzflug über, dann in die Rückenlage, schließlich würde sich der Flügel beständig überschlagen. Nur solange der Schwerpunkt genau unter dem Druckpunkt liegt, hält sich der Flügel in der normalen Gleitfluglage.

Wie aber erreicht man das? Durch eine Kraft, die der ständigen Verschiebung des Druckpunktes entgegenwirkt, durch das Höhenleitwerk, insbesondere durch dessen feststehenden Teil, die Dämpfungsfläche. Diese, ein zweiter kleinerer Tragflügel am Ende des Rumpfes, wird so ausgerichtet, d. h. erhält einen solchen Einstellwinkel, daß die an ihr auftretenden Kräfte auf die Lage des Tragflügels ausgleichend wirken. Bei Normalflug, wenn der Druckpunkt genau über dem Schwerpunkt liegt, hat die Höhenflosse weder Auf- noch Abtrieb. Vergrößert sich der Anstellwinkel des Flügels, so wandert der Druckpunkt nach vorn. Das Flugzeug würde schwanzlastig werden, wenn nicht gleichzeitig der Anstellwinkel des Höhenleitwerkes positiv würde. Durch den dadurch entstehenden Auftrieb wird das Flugzeug in die Normallage zurückgedreht, wobei der Rumpf als Hebel wirkt.

Im Abwind ist es genau umgekehrt, der Druckpunkt wandert nach hinten, das Flugzeug wird kopflastig, gleichzeitig wird aber der Anstellwinkel des Leitwerkes negativ, es liefert Abtrieb und gleicht dadurch die am Flügel wirkende Kraft wieder aus³⁾.

Dem seitlichen Kippen wirken die Tragflächen schon von sich aus entgegen; denn bei der niedergehenden Flügelhälfte verstärkt sich der Druck auf der Unterseite, was zusammen mit der Anströmung aus der Flugrichtung einer Vergrößerung des Anstellwinkels gleichkommt. Bei der nach oben gehenden Hälfte ist es umgekehrt, so daß sich eine rückdrehende Kraft ergibt. Durch eine V-förmige Flügelanordnung wird diese Kraft noch verstärkt. Gleichzeitig geht aber Auftrieb verloren, vor allem deshalb, weil der induzierte Widerstand wächst.

Die Kursstabilität ist eigentlich nur eine Dämpfung der Bewegungen, die nach rechts oder links von der Flugrichtung abweichen. Sie wird durch die Seitenwände des Rumpfes und durch eine vor dem Seitenrudern angebrachte feststehende Dämpfungsfläche erreicht. Flügel in Pfeilform verstärken diese Dämpfung noch.

³⁾ Es gibt auch „Nurflügelflugzeuge“, die aber nur schwierig stabil zu erhalten sind, unter Anwendung sogenannter „druckpunktfester“ Profile oder stark pfeilförmiger Flügel.

Ein in allen Richtungen stabiles Flugzeug wird also genau geradeaus fliegen, d. h. je nach seiner Gleitzahl geradlinig dem Boden zugleiten. Um die Flugrichtung willkürlich ändern zu können, brauchen wir nun noch die Ruder und das Steuerwerk.

Die bewegliche Verlängerung der Seitenflosse, das Seitenruder, wird durch einen Fußhebel bedient. Das Höhenruder wird durch den sog. Knüppel bewegt. zieht der Pilot den Knüppel an sich, so steigt die Maschine ^{3a)}, drückt er den Knüppel nach vorn weg, so fällt sie. In der Fliegersprache heißt es: man „zieht“ oder „drückt“ das Flugzeug.

Der Knüppel bewegt aber zugleich auch die Querruder an den Flügelhinterkanten und zwar gegenläufig, so daß immer das eine nach oben ausschlägt, wenn das andere nach unten geht. Das Querruder gibt dem Flugzeug beim Kurvenflug die nötige Schräglage.

Damit wäre das Segelflugzeug fertig und die Aufgabe seiner einzelnen Teile erklärt. Nur die Instrumente fehlen noch, von denen die wichtigsten später erwähnt werden.

In der Geschichte des Segelfluges dauerte es allerdings eine ganze Zeit, bis man die Gesetze der Flugphysik soweit erkannt hatte und sie beim Bau der Flugzeuge auswerten konnte.

Mensch, Maschine, Meteorologie

Diese Dreiheit bezeichnet die Grundlagen, auf denen der Segelflug beruht. Der Flieger mußte sich mit dem Konstrukteur und dem Meteorologen zusammentun, um die heutigen Leistungen zu erreichen.

Natürlich ist eine solche schematische Trennung nur ein Anhaltpunkt; zumindest im Beginn der Segelflugbewegung waren die Flieger auch zumeist ihre eigenen Konstrukteure und oft auch Meteorologen.

Die erste Stunde Segelflug

Nach Lilienthals Tode kam der Segelflug in Deutschland zunächst nicht recht weiter. Einzelne Begeisterte hielten zwar die Idee wach — aber vorerst fehlten neue Antriebe. Die Entwicklung wandte sich mehr in die Richtung, die seit den Erfolgen der Wrights mehr und mehr an Bedeutung gewonnen hatte. Der Motorflug trat in den Vordergrund.

Immerhin wurde 1912 bis 1914 die Wasserkuppe als Segelfluggelände entdeckt, die später der „heilige Berg“ des motorlosen Fluges wurde. Aber der Weltkrieg unterbrach alle Pläne — alle Kräfte waren nur noch auf stärkste Förderung des Motorfluges bedacht. Mittelbar allerdings diente diese Entwicklung auch dem Segelflug, denn eine große Zahl von Piloten wurde mit dem Flug vertraut. Als durch Versailles der Motorflug in Deutschland abgedrosselt wurde, gewann über Nacht der Segelflug neuen Auftrieb. Modell- und Gleitflugvereine lebten wieder auf,

^{3a)} Hierbei ist ein Geschwindigkeitsüberschuß vorausgesetzt! Wird der Knüppel nämlich bei *Längsamflug* gezogen, dann ändert sich nur der Anstellwinkel, bis bei etwa 20° der „überzogene“ Flugzustand eintritt, die „Strömung abreißt“ und ein steuerloser Sturz-zustand beginnt.

die zusammen mit dem „Rhönvater“ Ursinus durch einen begeisternden Aufruf die Anregung zu dem ersten Rhönwettbewerb 1920 gaben.

1921, beim nächsten Wettbewerb, wurden schon Flüge bis zu 21 min Dauer und 7,5 km Strecke erzielt.

Im Wettbewerb 1922 trugen diese Vorarbeiten wertvolle Früchte. Zum erstenmal wurden Flugzeiten von über 1 Stunde erreicht.

Von den verschiedenen Arten aufsteigender Luftströmungen, den Aufwinden, ist in diesen Jahren, bis 1925 nur der Hangwind allgemein bekannt und genutzt worden, der schon Lilienthals Gleiter sekundenlang hob.

Wie das Wort sagt, entsteht der Hangwind dort, wo ein waagerechter Luftstrom durch einen Berg oder Hügelzug nach oben abgelenkt wird. Am stetigsten weht er, wo ein längerer Höhenzug aus ebenem Gelände quer zur herrschenden Windrichtung sich erhebt, wie es etwa

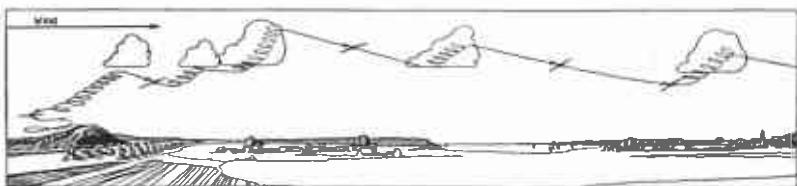


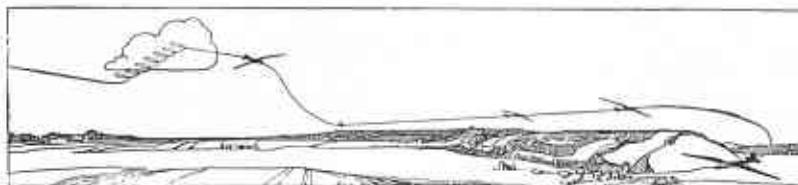
Bild 14 und 15. Beispiel eines Streckenfluges mit Ausnutzung verschiedenster Wolke, Blindflug in der Wolke usw. Zum Schluß

an der Wasserkuppe, an den Dünen bei Rossitten, am Hornberg in der Schwäbischen Alb, bei Grunau im Riesengebirge und vielen ähnlichen Bergen der Fall ist. Diese Gebiete waren zunächst die Fluggelände. Dort entwickelte sich ein lebhafter Übungsbetrieb, dort fanden sich neue Gruppen zusammen, von dort her verbreitete sich die Bewegung über das ganze Land und über seine Grenzen hinaus.

Die Stärke des Hangwindes hängt nicht nur von der waagerechten Windgeschwindigkeit ab, sondern auch von der Höhe des entgegenstehenden Berges, von seiner Form -- ob Kegel oder gestreckter Höhenzug, von der Steilheit des Anstieges, und schließlich von der meteorologischen Erscheinung, die als „Inversion“ bezeichnet wird und die bei allen Aufwindarten eine Rolle spielt. An sich nimmt die Lufttemperatur mit der Höhe ab. Es geschieht aber nicht selten, daß sich eine kältere Luftsicht unter eine wärmere schiebt. Da in solcher „Inversionsschicht“ am Hang meist Windstille herrscht, setzt die Luftbewegung erst darüber ein und erzeugt nur einen schwachen Aufwind, da die darunter liegende Luftsicht wie eine feste Fläche wirkt, um deren Höhe der Hang „niedriger“ wird.

In diesen je nach der Wirkung der genannten Einflüsse verschiedenen starken Hangwind wird nun das Flugzeug hineingeschleudert, nachdem es zunächst den notwendigen Auftrieb durch eine bestimmte Anfangsgeschwindigkeit erhält, die je nach der Bauart und der Windstärke verschieden groß ist. Lilienthal gewann diese Anfangsgeschwindigkeit, indem er gegen den Wind lief und sich dann von erhöhter Stelle abstieß. Diese Startart wurde von seinen Schülern noch lange gepflegt und auch in den ersten Jahren der Rhön noch ausgeübt.

In den Anfangsjahren versuchte man auch, das bemannte Flugzeug gegen den Wind zu tragen. Das war bei den leichten Gewichten zunächst möglich, aber nur kurze Zeit. Dann wurde der Katapultstart mit Fallgewicht, Seilzug und Startbahn der Brüder Wright auch in Deutschland angewendet, konnte sich aber wegen seiner Schwierigkeit und Kostspieligkeit nicht durchsetzen. Auch der Start mit einem Hanfseil nach Drachenart hat Anhänger gefunden.



Aufwindarten. Start am Hang, Thermikflug, Wolkenflug, Gleitflug zur nächsten Streckenflug im Hangwind entlang einem Bergzug

Seit 1920 aber wird die nötige Anfangsgeschwindigkeit durch den Gummiseilstart erreicht. Das Flugzeug wird am Schwanz durch eine Haltemannschaft festgehalten, in einen Haken unter der Rumpfnase ist ein Gummikabel eingehängt, dessen beide Enden von der Startmannschaft kräftig ausgezogen werden. Während die Zichenden hangabwärts laufen, gibt die Haltemannschaft am Schwanz auf das Kommando „Los“ das Flugzeug frei, das nun durch den Zug des gespannten Seiles in die Luft geschleudert wird. Dabei fällt dieses selbsttätig aus seinem Haken, wenn das Flugzeug über die Startmannschaft wegfliegt. Der Flieger, der durch den Start den Aufwind erreicht hat, segelt nun am Hang entlang. Am Ende des Aufwindfeldes wendet er vom Hang weg und fliegt wieder zurück. Mit solchen regelmäßigen Achterschleifen kann er sich bei ausreichendem Wind stunden-, ja tagelang in der Luft halten.

Die ersten Flüge über eine Stunde von *Martens*, *Hackmack* und *Hentzen* hatten viele Hoffnungen erweckt. Die Segelflugbewegung breite sich aus, auch im Ausland taten sich Gruppen auf. Der Sportgeist feuerte zu neuen Bestleistungen an. Bis 1925 wurden Strecken

von 24 km (*Nehring*), Höhen bis zu 720 m und Dauerflüge von 12 Stunden (*Ferd. Schulz*) erzielt. Die übersteigerten Erwartungen, die man an diese Erfolge knüpfte, konnten freilich nicht erfüllt werden. Enttäuschung gefährdete den Fortschritt. Noch hielten viele auch in Deutschland den Segelflug für einen Ersatz des Motorfluges und kehrten ihm den Rücken, als der Motorflugsport wieder freigegeben wurde.

Konstruktive Fortschritte

Inzwischen hatten aber Konstrukteure und Meteorologen Erfahrungen gesammelt, die den neuen Aufstieg einleiteten. Flugzeuge wie der „Vampyr“, den Professor *Madelung* 1921 zusammen mit der Akademischen Fliegergruppe der Technischen Hochschule Hannover entwickelte, zeigten den Weg, der zu neuen Erfolgen führte. Nach den bisher üblichen Doppeldeckern, verspannten Flugzeugen und allerlei anderen mehr oder weniger zweckmäßigen Konstruktionen fand man jetzt den Weg zum freitragenden einholmigen Eindecker mit drehsteifer, sperrholzbeplankter Flügelhase; diese Bauart erlaubte, leichte Flügel von großer Spannweite mit ausreichender Festigkeit auszuführen. Noch heute ist sie allgemein üblich. Es würde zu weit führen, die Verbesserungen in der Konstruktion der Segelflugzeuge im einzelnen zu verfolgen, zu schildern, wie man immer mehr lernte, den Luftwiderstand zu verringern, die Gleitzahl zu verbessern und die Sinkgeschwindigkeit herabzusetzen. Heute entscheidet man nach den verschiedenen Zwecken einige Grundformen, innerhalb deren es wieder eine größere Zahl von Mustern gibt. Jedes dieser Muster hat seine besonderen Vorteile und wird je nach der zu erfüllenden Aufgabe eingesetzt.

Für den Anfänger gibt es eine Anzahl von Schulflugzeugen, einfache Gleiter, die kräftig gebaut sind, sich leicht auf- und abbauen lassen und eine besonders große Flugstabilität bei verhältnismäßig hoher Steuerempfindlichkeit aufweisen. Die einzelnen Teile sollen ohne Schwierigkeit auswechselbar sein. Auf besonders gute Flugleistungen kommt es im übrigen nicht so sehr an, denn der Flugschüler soll zunächst nur in kleinen „Sprüngen“ sich an das Gefühl des Fliegens gewöhnen und mit der Wirkung der Ruder vertraut werden. Damit der Anfänger nicht in gefährliche Lagen gerät, ist eine niedrige Gleitzahl erwünscht, je nach dem Gelände 1:10 bis 1:14. Die bekanntesten Schulgleiter sind heute der „Zögling“, der in zahlreichen Spielarten in aller Welt vertreten ist und die „Grunau 9“, Bild 16.

Wer die A-, B- und C-Prüfung hinter sich hat, der braucht ein anderes Flugzeug, um sich mit dem eigentlichen Segelflug vertraut zu machen und auf den Leistungsflug, das silberne und goldene Leistungsabzeichen vorzubereiten. Als Übungsflugzeug verwendet man eine Maschine mit kleiner Spannweite, die sich leicht befördern, auf-



Bild 16. Schulflugzeug „Grunau 9“ mit Führersitzverkleidung,
bekannt als „Ei“

und abbauen und unterbringen läßt. Die Normalfluggeschwindigkeit soll auch hier nicht zu groß sein, besonderer Wert wird auf niedrige Landegeschwindigkeit gelegt. Hohe Steuerempfindlichkeit ist notwendig, gute Eigenstabilität wird ebenfalls verlangt, die aber nicht, wie beim Schulgleiter, bis zur völligen Trudelsicherheit geht. Flugzeuge dieser Art sind das „Grunau Baby“ mit einer Spannweite von 13,5 m und Göppingen 1 „Wolf“ mit 14 m.

Beim Leistungsflugzeug kommt es vor allem auf höchste aerodynamische Güte an. Auch diese Maschinen müssen einfach auf- und abzubauen sein, weil sie oft zerlegt und zum Startplatz zurückbefördert werden müssen.

Die Zahl der Baumuster für den Leistungsflug ist so groß, daß hier nur einige genannt werden können. Der „Varmpyr“ wurde bereits erwähnt. Die von Lippisch entwickelte „Wien“ zeichnete sich durch sehr niedrige Sinkgeschwindigkeit aus. Das bisher größte Segelflugzeug, die „Austria“ von Kupper hatte eine Spannweite von 30 m und eine eigenartige Rumpf- und Leitwerkkonstruktion. Baukosten etwa 30 000 RM. Das Flugzeug, auf dem Groenhoff seine Rekorde erzielte, ist der „Fafnir“, der 1930 von Lippisch gebaut wurde, ein freitragender Schulterdecker mit einer Spannweite von 19 m. Zum erstenmal wurde hier der Führer vollkommen im Rumpf untergebracht, Bild 17.

Mit dem „Rhönadler“, Bild 18, schuf Jacobs (Deutsche Forschungsanstalt für Segelflug, Darmstadt-Griesheim) durch einfachen Aufbau ein besonders billiges Leistungsflugzeug. Eine ganz kleine leichte Maschine

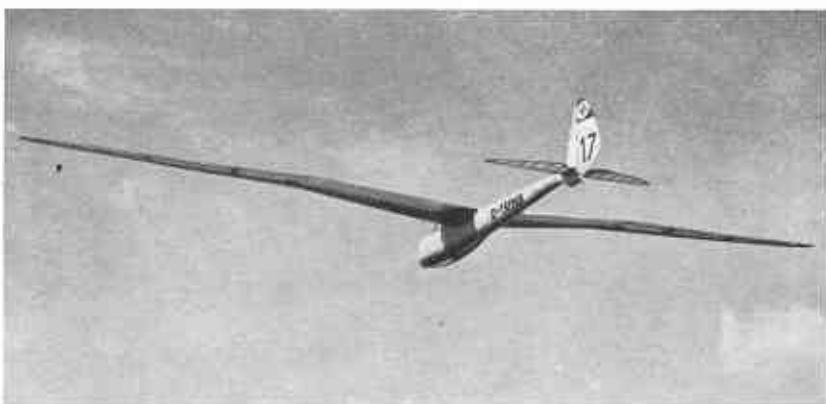


Bild 17. Segelflugzeug „Fafnir“ mit Grönhoff im Fluge

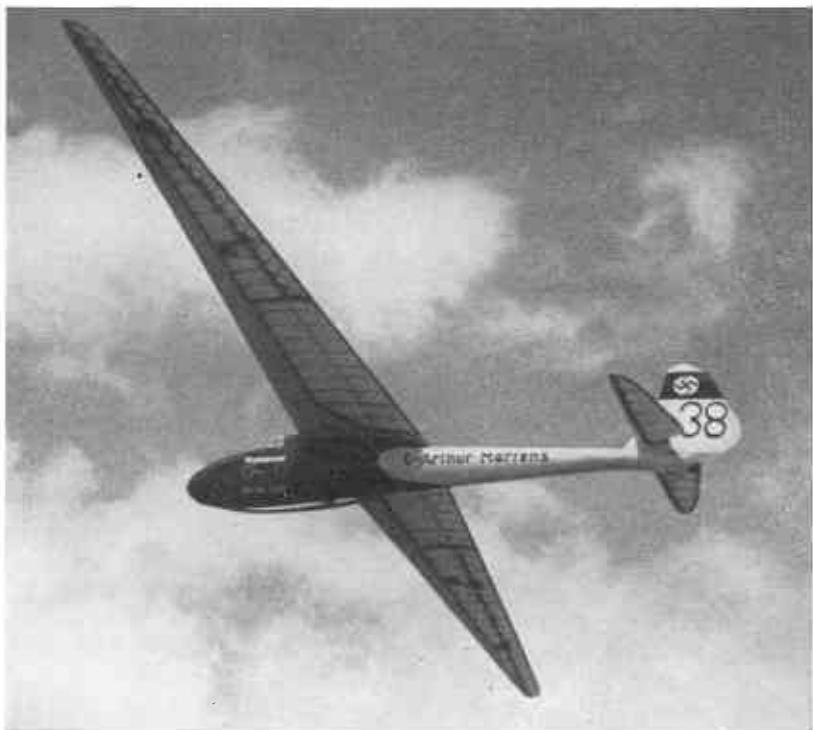


Bild 18. Segelflugzeug „Rhönadler“ im Fluge



Bild 19. Doppelsitziges Segelflugzeug „Kranich“ mit geschlossener Führerhaube

war das „Windspiel“, ein Hochdecker mit einer Spannweite von 12 m und einem Gewicht von 63 kg. Für Forschungszwecke wurde in dem Segelflugboot „Seeadler“ mit Stützschwimmern im Flügelknick eine besondere Konstruktion für Flüge über Wasser geschaffen.

Ein doppelsitziger Leistungssegler ist der „Kranich“, Bild 19, der für die Leistungs- und Blindflugschulung und für Prüfungsflüge eingesetzt wird. Das Flugzeug kann auch einsitzig ohne Ballast geflogen werden. Bei dieser Gelegenheit mag erwähnt werden, daß in Amerika bereits viersitzige Segelflugzeuge gebaut und geflogen worden sind.

Nachdem bei Kunstflügen ohne genügende Erfahrung Unfälle sich häuften, mußte der Kunstflug für Segelflugzeuge eine Zeit lang gesperrt werden. Die Deutsche Forschungsanstalt entwickelte dann den „Habicht“, der infolge seiner hohen Festigkeit Sturzfluggeschwindigkeiten von 420 km/st einwandfrei aushält und als voll kunstflugtauglich zugelassen wurde.

Heute werden von den Leistungsflugzeugen eine Anzahl einander widerstrebender Eigenschaften gefordert, die den Konstrukteur vor schwierigste Aufgaben stellen. Einerseits verlangt man gute Flugeigenschaften, eine hohe Gleitzahl bei geringer und bei hoher Fluggeschwindigkeit, andererseits braucht man für schwache Aufwinde eine geringe Sink- und Fluggeschwindigkeit, ohne aber auf die erstgenannten Eigenschaften zu verzichten. An neuen, immer besseren und vielseitigeren



Bild 20. Segelflugzeug „Rhönbussard“ mit ausgefahrenen „Bremuskappen“, die den Auftrieb zum Teil vernichten und dadurch die Sinkgeschwindigkeit erhöhen

Lösungen wird daher ständig gearbeitet. Bild 20 und 21 geben Beispiele weiterer Baumuster. Die „Minimoa“ ist eine der bekanntesten Konstruktionen des Verfasser, mit der die Weltrekordhöhe von 8100 m ü. Meer erreicht wurde.

Auch die Flieger selbst strebten vorwärts. 1926 wurde *Max Kegel* halb unfreiwillig in eine Gewitterbö hineingezogen, die über die Wasserkuppe wegbrauste und ihn 52 km weit über Berge und Täler forttrug.

Die Flugmöglichkeit vor einer Gewitterfront beruht darauf, daß mit dem Gewitter ein Einbruch kalter Luft einhergeht, ein Kaltluft„keil“ bewegt sich gegen die ruhende Warmluft, drückt sie nach oben und erzeugt so vor der Wolkenfront einen starken Aufwind, der um so kräftiger ist, als die warme Luft ohnehin nur noch leicht am Boden haftet (labile Schichtung), und auf einen geringen Anstoß hin aufzusteigen bereit ist.

Welche Leistungen beim Frontenflug möglich sind, zeigte der Rekordflug *Günther Groenhoffs*, der 1931 vor einer Gewitterfront von München aus 272 km bis Kaaden (Tschecho-Slowakei) segelte, eine Strecke, die drei Jahre unerreicht blieb und bis heute die größte Frontenflugleistung darstellt. Wegen der Seltenheit geeigneter Wetterlagen hat diese Form des Segelfluges heute allerdings nur noch geringe Bedeutung. 1931 war überhaupt ein Erfolgsjahr des Segelfluges, das nach langen Forschungen und Vorbereitungen die Leistungen brachte, die der Segelflugbewegung neuen Schwung gaben. Eine weitere Verbreitung war insbesondere durch Auto-, Winden- und Flugzeugschleppstart möglich geworden, die auch in der Ebene Segelflugschulung ermöglichten.



Bild 21. Segelflugzeug „Minimoa“ im Fluge

Die Methode des Flugzeugschlepps wurde in Deutschland zuerst von *Espenlaub* mit *Fieseler* zusammen in Kassel versucht. *Peter Riedel* als Schleppilot und *Groenhoff* im Segelflugzeug erprobten dann 1931 die praktische Tauglichkeit. Im April 1931 erzielte *Groenhoff* die ersten großen Erfolge. Im Herbst bereits wurde der erste Schleppflugkursus in Darmstadt-Griesheim durchgeführt. Heute ist der Flugzeugschlepp für den Kunstflug, für Vorführungs- und Versuchsflüge, zum Einfliegen neuer Modelle und zum thermischen Segeln fast unentbehrlich.

Bei allen drei Startarten wird das Segelflugzeug mittels eines etwa 3,5 bis 5 mm starken Stahlseils von etwa 120 m (Auto-Flugzeugschlepp) bzw. 1000 m Länge (Windenschlepp) gezogen und gewinnt dabei soviel Höhe, daß es nach dem „Ausklaffen“ des Seiles einen Gleitflug ausführen kann oder „Anschluß“ an den Aufwind erhält, in dem es dann selbstständig weiterfliegt. Besondere Einrichtungen — Sollbruchstellen des Seiles, Kappvorrichtungen an der Winde, Ausklinkvorrichtung am Schwanzsporn des Schleppflugzeuges — erlauben die schnelle Lösung des Segelflugzeuges bei Gefahrzuständen durch zu hohe Geschwindigkeit oder Fehler des Flugschülers.

Meteorologische Erkenntnisse

Nachdem der Segelflug einmal vom Hang gelöst war, gewann die meteorologische Forschung zunehmend an praktischer Bedeutung. Die Einzelerfahrungen der Piloten wurden nun in systematischen Versuchsfügen wissenschaftlich unterbaut. Insbesondere Professor *Georgii* von der Deutschen Forschungsanstalt, der bereits 1923 Möglichkeiten des thermischen Segelfluges erkannte, hat hier wertvolle Forschungsarbeit geleistet.

Die Luftströmungen, die von den Segelfliegern unter dem Namen Thermik zusammengefäßt werden, liefern die Aufwinde, die heute für den Leistungssegelflug die weitaus größte Bedeutung haben.

Voraussetzung für solche Luftbewegungen sind sog. labile Temperaturschichtungen, in denen ein geringer Anstoß genügt, um die Luft zum Hochsteigen, an anderen Stellen zum Absinken zu bringen.

Eine „trockenlabile“ Temperaturschichtung entsteht, wo die Sonne den Boden kräftig erhitzt und damit auch die darüber lagernde Luft, z. B. über einem Getreidefeld. Ist die umgebende Luft kühler, weil etwa ein Wald oder eine Wasserfläche die Sonnenwärme stärker verschluckt, so gewinnt die stark erwärmte Luft über dem Feld wie ein Ballon Auftrieb, löst sich, wenn die Spannung groß genug ist, vom Boden los und steigt aufwärts, während aus der kühleren Umgebung Luft nachströmt. Aufsteigende Luft aber kühlte sich ab, und zwar um rund 1°C je 100 m Höhe. Da die ruhende Luft der Umgebung sich oft wesentlich langsamer in der Höhe abkühlt, kommt die Thermikblase nach einiger Zeit ins Temperaturgleichgewicht und steigt dann nicht mehr weiter. Sie kann auch auf eine „Inversionsschicht“ stoßen, in der die höhere Luft „plötzlich“ wärmer ist als die darunter liegende. Dann hört der Aufwind entweder ganz auf oder er wird doch kräftig abgebremst, so daß er unter Umständen nicht mehr ausreicht, das Flugzeug, das sich in ihm bewegt, zu heben.

Eine „feuchtlabile“ Temperaturschichtung liefert den Wolkenaufwind. In Luftmassen, die viel Wasserdampf enthalten, steckt eine starke Wärmecnergie. Kühlte die Luft sich in der Höhe über dem Sättigungspunkt ab, so muß sie einen Teil der Feuchtigkeit und damit auch der gespeicherten Wärme abgeben. Es bilden sich Wolken, in denen meist ein kräftiger Aufwind infolge der freiwerdenden Wärme zu finden ist. Die „Gewittertürme“, die auf dieser Erscheinung beruhen, sind allgemein bekannt.

Die „Windthermik“, die 1934 und 1935 zu großen Leistungen im Rhönwettbewerb geführt hat, ist nichts weiter als eine Verbindung großer Windgeschwindigkeit mit starker senkrechter Bewegung sehr labiler Luftmassen, die außerdem sehr feucht waren, also im Aufsteigen bald verdichteten. Es entstehen dann ziehende Wolkenstraßen, unter denen man stundenlang geradeaus segeln kann.

Eine Aufwindart, deren Erforschung noch nicht abgeschlossen ist, die „Lange Welle“ oder das „Moazagotl“⁴⁾, sei hier noch kurz erwähnt. Sie entsteht bei stabiler Luftsichtung, d. h. wenn eine starke und breite Inversion senkrechte Luftströmungen unmöglich macht. Eine starke Windströmung, die durch einen quer zu ihrer Richtung liegenden

⁴⁾ So genannt nach einer für diese Aufwindart eigentümlichen Wolkenbildung im Riesengebirge, die im Volksmund diesen Namen trägt.

Gebirgszug angehoben wird, prallt, im Lee des Gebirges absinkend, auf diese stabile Luftschicht auf und erregt dadurch „stehende“ Wellen von oft beträchtlicher Scheitelhöhe. Die Ausnutzung dieser Wellenbewegung, die allerdings besonderes segelfliegerisches Können voraussetzt, hat zu erstaunlichen Höhenflügen geführt. So gelang *Paul Steinig* 1937 ein Höhenflug von 5760 m und Dr. *Joachim Köttner*, der sich besonders mit der Erforschung der Langen Welle beschäftigt hat, konnte sogar eine Höhe von 6400 m erreichen.

Der Raum verbietet, auf die einzelnen Erkenntnisse der meteorologischen Forschung und ihre Bedeutung für den Segelflug hier näher einzugehen. Welche Erfolge die systematische Zusammenarbeit von Wissenschaft, Konstruktionstechnik und sportlichem Fliegergeist bisher erreichte, mögen zum Abschluß einige Zahlen zeigen.

Vorher aber noch ein Wort über die Instrumente, die sich für den Leistungsflug als nötig erwiesen haben. Segelflug-Können beruht zum Teil auf „Gefühl“, das aber in gewissen Fluglagen versagt. So kann z. B. gleichmäßiges Fallen oder Steigen nicht wahrgenommen werden, weil der Mensch nur Beschleunigungen, nicht aber gleichförmige Bewegungen „fühlt“. Darum braucht man einen Variometer oder Steiggeschwindigkeitsmesser, der wie ein Dosenbarometer die Tatsache der Luftdruckveränderung mit der Höhe ausnutzt.

Höhenmesser (Barometer), Höhenschreiber (Barograph) bzw. Thermobarograph, der auf einem Streifen Höhe und Temperatur zugleich aufzeichnet, brauchen hier nicht näher beschrieben zu werden.

Für den Blindflug (in Wolken) ist unbedingt ein Wendzeiger (Kreiselgerät, durch Lüftturbine oder elektrisch getrieben) nötig, der dem Flieger die Abweichung von der geraden Flugrichtung anzeigt.

Der Längsneigungsmesser zeigt die Neigung der Längssachse zur Erdoberfläche an.

Für den Schleppflug ist ein Schlepptelephon, dessen Kabel in das Schleppseil eingeflochten ist, zur Verständigung zwischen Motor- und Segelflieger nützlich. Auch an der Entwicklung eines vielseitig verwendbaren Funkgerätes wird gearbeitet.

Höhenflüge führten — wie bereits bemerkt — über 6000 m hinaus. Beim Rhönwettbewerb im August 1938 erreichte *Drechsel-Berlin* sogar 8100 m (7070 m über Start). Sauerstoffmangel zwang ihn vorzeitig zum Niedergehen; man wird daher künftig mehr als bisher mit Höhenatmungsgerät arbeiten müssen.

Der deutsche Streckenrekord liegt zur Zeit bei 504,2 km. Diese Strecke (Wasserkuppe—Brünn, Tschecho-Slowakei) wurde 1935 gleichzeitig von vier Fliegern erreicht. Aus Rußland ist sogar eine Streckenleistung von 652 km bekannt.

Im Dauerflug haben sich in letzter Zeit besonders *Kurt Schmidt* (1933 — 36,36 st) und 1937 *Franz Jachtmann* mit 40,55 st ununterbrochener Flugzeit hervorgetan. Neben diesen drei Flugarten spielt seit kurzem der Zielflug (Flug mit vorheriger Angabe des Landeortes) eine zunehmend wichtige Rolle. Er zeigt am deutlichsten, bis zu welcher Beherrschung der Flugzeuge und der meteorologischen Möglichkeiten es der motorlose Flug bereits gebracht hat. Unter besonders schwierigen Umständen hat hier der Ungar *Ludwig Rötter* im Olympiaflug 1936 mit der Strecke Berlin—Kiel eine glänzende Leistung von 334 km erzielt, nachdem *Kraft* 1933 schon 333 km geflogen war. Mit Überbietungen ist aber jederzeit zu rechnen.

In den künftigen Rhönwettbewerben wird der Zielflug, der höchste Anforderungen an das segelfliegerische Können stellt, immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Auch im Doppelsitzer sind bereits ganz hervorragende Leistungen erzielt worden. Es wurden Strecken von 400 km erreicht, beim Rhönwettbewerb 1938 erflogen *Romeis-Schillinger* 5570 m Höhe (4510 m über Start) und *Mayer* mit Flugschüler gelang ein Flug von 21 st Dauer.

Organisatorisch ist der deutsche Segelflug heute im Nationalsozialistischen Fliegerkorps unter dem Korpsführer Generalleutnant *Christiansen* zusammengefaßt. Deutschland, die Heimat des Segelfliegens, steht an Leistung und Breitenarbeit auch heute noch an erster Stelle. Die Liste der Inhaber des Leistungsabzeichens zeigt aber, daß auch in anderen Ländern eifrig an der Weiterentwicklung des Segelfluges gearbeitet wird.

Wohin soll diese Entwicklung führen? Die heutige Aufgabe ist zunächst, die vorhandenen Kenntnisse und Fähigkeiten zu festigen und zum selbstverständlichen Besitz jedes Segelfliegers zu machen. Der meteorologischen Forschung und dem konstruktiven Können sind noch manche Aufgaben der Zusammenfassung und Durcharbeitung des vorhandenen Wissensgutes gestellt.

Besondere Aufmerksamkeit muß aber der Entwicklung eines neuen Fluggerätes geschenkt werden, des „Motorseglers“ — der vom „Kleinflugzeug“ wie vom „Motorgleiter“ scharf zu unterscheiden ist. Es sei gleich betont, daß es sich hier um ein vollwertiges Segelflugzeug handelt, dessen aus- und einschwenkbarer Hilfsmotor nur dazu dienen soll, den Start zu erleichtern, von Hilfmannschaften unabhängig zu machen und größere Gebiete ohne Aufwind zu überbrücken.

Die technischen Möglichkeiten für ein solches Flugzeug bestehen durchaus. Schwierigkeiten macht noch der Motor, insbesondere die Notwendigkeit absoluter Betriebssicherheit im Zusammenhang mit sofortiger Startbereitschaft im ausgeschwenkten Zustand. Diese

Hemmungen sind aber zu überwinden. Und dann sind dem Segelflug neue Möglichkeiten gegeben, die heute noch nicht abzusehen sind.

Man darf bei der Beurteilung der künftigen Segelfluggmöglichkeiten die Bedeutung des Segelfliegens nicht vergessen. Segelflug ist keineswegs ein Motorflugersatz. Im Gegenteil: Segelflug ist die technisch höhere Flugform. Nicht zu Unrecht hat einer der Pioniere des Segelflugs einmal gesagt, wenn er an sein Zeichenbrett einen 1000-PS-Motor montiere, so könne er auch damit fliegen.

Was den Segelflug im gesamten Raum der Technik besonders auszeichnet, ist eben dies, daß er von seinen Anfängen an das technische Grundgesetz am stärksten beachtet hat: mit einem Mindestmaß an Aufwand ein Höchstmaß an Leistung zu erreichen. Der Segelflug erzieht zu jener technischen Gesinnung, der die Zukunft gehört. Es kommt nicht darauf an, durch ein Übermaß von Kraftballung Leistungen zu erreichen, die die Natur vergewaltigen, und deren Ergebnis im Vergleich zum Verbrauch an Stoff und menschlichen Grundwerten auf weite Sicht gering und sogar fraglich ist. Es kommt vielmehr darauf an, sich dem natürlichen Kreislauf von Kraft und Stoff einzufügen, der Natur ihre Geheimnisse abzulauschen und damit zugleich Beherrischer und Glied des lebendigen Lebens zu sein. In den Autobahnen des Führers, in manchen technischen Leistungen der Gegenwart ist gleicher Geist lebendig.

Wer einmal über sommerlicher Landschaft im Segelflug dahin glitt, wer einmal ohne Motorkraft, vom Aufwind getragen, die Wolkendecke durchstieß und über dem weißen Meer das unbeschreibliche Glück des fliegenden Menschen erlebte, der weiß, daß der Segelflug weiter bestehen und sich weiter verbreiten wird. Nicht umsonst hat die Menschheit von Urbeginn davon geträumt, es den Vögeln gleich zu tun. Immer wieder wird es Menschen geben, denen dieses Erlebnis über alles geht, und die darum bereit sind, alles dafür hinzugeben.

Motorflug ist lebensnotig — Segelflug ist schön!

Aus dem Deutschen Museum

*Würdigung der Pionierarbeiten von Daimler und Benz und die darauf aufbauende Entwicklung des Kraftfahrwesens bis 1918 *)*

Die Darstellung der geschichtlichen Entwicklung des Automobils in der Abteilung Kraftfahrwesen im Deutschen Museum beginnt mit dem Zweirad von Daimler aus dem Jahr 1885 und mit dem Dreirad von Benz 1885. Natürlich hat es vor diesem Zeitpunkt schon durch Dampfmaschinen und Gas- und Benzinmotoren angetriebene Fahrzeuge gegeben und fast sämtliche für das Fahrzeug notwendige Maschinenelemente wie Motor und seine Zündung, Unter- setzung, Ausgleichgetriebe und Lenkung waren erfunden und auch allgemein bekannt. Wenn aber Benz und Daimler als die erfolgreichsten und bedeutend- sten Pioniere des Kraftfahrwesens angesehen werden, so ist es deshalb, weil sie nicht nur die Teile ihres Motors und Fahrzeugs in hervorragender mechanisch einwandfreier Weise bearbeitet und zusammengebaut haben, sondern weil ihre erfolgreiche Durchführung des Leichtbaues die erfinderische Tat war, aus der das Automobil in seiner modernen Art aufgebaut und herausentwickelt wurde.

Das Dreirad von Benz zeigt in seinem Aufbau diese Richtung ganz deutlich. In das damals als leichtestes Fahrzeug bekannte Stahl-Dreirad mit Rohrrahmen und Drahtspeichenrädern ist ein technisch wunderschön verkleinerter für Benzin- betrieb umgebauter Gasmotor eingebaut. Ebenso ist der Antriebsteil mit Kegel- rädern und Riemen und das ins Vorgelege eingegebute Ausgleichgetriebe klein und leicht ausgeführt.

Daß Benz zwei bis drei Jahre später mit einem ein wenig verbesserten vier- rädrigen Wagen, dem „Benz-Velo“, schon Verkaufserfolge von 2300 Stück hatte, zeigt am besten, daß er den richtigen Weg gegangen ist. Wenn bei Benz der Haupterfolg in der Schaffung des leichten Fahrzeuges liegt, so ist die Leistung und das Verdienst von Daimler und Maybach, den leichten Fahrzeugmotor geschaffen zu haben. Zur Erhöhung der Arbeitsstöße in der Zeiteinheit ließ Daimler seinen Motor mit hohen Drehzahlen bis 800 U/min laufen. Er erreichte so bei einem Motor mit kleinem Bauaufwand verhältnismäßig große Leistungen. Diese Drehzahlsteigerung wurde durch die Glührohrzündung ermöglicht, die eine unbegrenzte Zahl von Zündungen in der Zeiteinheit zuläßt, im Gegensatz zu der damaligen elektrischen Zündung, die besonders bei höheren Drehzahlen unregelmäßig arbeitete.

Die Leistungssteigerung des Motors bei Verminderung des Bauaufwandes und des Gewichts durch Drehzahlerhöhung wurde 1889 durch den Bau von

*) Vgl. a. „C. Matschoß: Gottlieb Daimler in der Geschichte des Kraftfahrwesens“ Jg. 6 (1934) H. 1 dieser Schriftenreihe und „W. Kamm: Die Entwicklung des Kraftfahrzeugs“ Jg. 9 (1937) H. 3 dieser Schriftenreihe.



Bild 1. Die ersten Daimler-Motoren und Daimlers „Auto“ von 1885

Zweizylindermotoren und 1890 von Vierzylindermotoren weitergetrieben. Es wurde dabei die Leistung verdoppelt bzw. vervierfacht ohne das Gewicht in diesem Verhältnis zu erhöhen.

Der sogenannte Stahlradwagen aus dem Jahr 1889 von Maybach mit Zweizylinder-V-Motor, Konuskupplung, und Viergang-Kulissenschaltgetriebe zeigt schon alle Bauelemente des neuzeitlichen Fahrzeugs und ist eine der interessantesten Fahrzeugkonstruktionen dieser Zeit. Nachdem es Daimler und Benz gelungen war, das selbstfahrende Fahrzeug brauchbar zu entwickeln, wurde der Bau von Fahrzeugen von den verschiedensten Ingenieuren in allen zivilisierten Ländern und besonders in Frankreich aufgenommen und um 1900 bildete sich dann aus einer Vielzahl von Konstruktionen die Standardform des Automobils heraus, mit dem vornliegenden Motor, der über Kupplung, Stirnradgetriebe, Gelenkwellen oder Kette und Ausgleichsgetriebe die Hinterräder antreibt. Die schon im Jahr 1895 eingeführten Automobil-Rennen forderten immer stärkere Motoren und Wagen und die Leistung der Motoren geht um 1900 sprunghaft von 5 bis 8 PS auf 30 bis 40 PS und um 1909 auf 200 PS hinauf. Diese Leistungssteigerung, die natürlich dem Gebrauchsfahrzeug auch zugute kam, erforderte eine sorgfältige Durchbildung der Motoren und Wagen.

Die Vergaser, der Verbrennungsraum, die Steuerung, Schmierung und Kühlung wurden verbessert, Kupplung, Getriebe, Lenkung den höheren Beanspruchungen entsprechend verstärkt, so daß Hubraumleistungen der Motoren von 10 bis 12 PS/L und Leistungsgewichte der Wagen von 27 bis 35 kg/PS erreicht wurden.



Bild 2. Vorn Benz-Motorwagen aus dem Jahr 1885,
dahinter Daimler-Wagen 1886

Ein Beispiel dieser hohen Leistungsfähigkeit ist der Benz-Rennwagen von 1909 mit einem 4-Zylindermotor von 200 PS Leistung, mit dem der Weltrekord von 211 km/Std. gefahren wurde.

So ist die Zeit vor dem Krieg ausgefüllt mit der Schaffung und Vervollkommenung des Standardfahrzeugs, wie es heute noch gebaut wird. Die weitgehende Verbesserung der Fahrzeugeigenschaften und der Fahrzeugwartung, die nach 1920 einsetzte, ist hauptsächlich durch die Verwendung hochwertiger Werkstoffe und durch konstruktive Weiterbildung erreicht worden.

Dipl.-Ing. Hugo Fuchs.

Die Leistungen Otto Lilienthals sollten uns unvergänglich bleiben!

Er ist der geistige Vater der Flugtechnik; ohne sein geniales Schaffen wäre der heutige hohe Stand der Entwicklung wohl kaum erreicht.

Lilienthals Leben, sein Wirken als wissenschaftlicher Forscher, als Flugpraktiker und als Konstrukteur ist erstmalig umfassend dargestellt in dem Buch

Otto Lilienthal. Der erste Flieger

Von G. Halle. Mit einem Geleitwort des Reichsministers der Luftfahrt, Generalfeldmarschall Göring. DIN A 5, 190 Seiten mit 76 Bildern und 5 Tafeln. In Ganzleinen RM 4,80 (VDI-Mitglieder RM 4,30).

Der Verfasser hat seiner Arbeit nicht nur die zahlreichen Veröffentlichungen Lilienthals sowie das flugtechnische Schrifttum jener Zeit zugrunde gelegt, sondern auch den bisher unbekannten schriftlichen und zeichnerischen Nachlaß des genialen Ingenieurs.

In dem Buch kommt Lilienthal — soweit irgend möglich — selbst zu Wort, da er es verstand, in fesselnder und allgemeinverständlicher Form von seinen Forschungen und Flugversuchen zu berichten. So entstand ein Werk, das als getreues Abbild seiner vielseitigen, begeisterungsfähigen und liebenswürdigen Persönlichkeit gewertet werden darf, zumal auch ein wesentlicher Abschnitt dem Menschen Otto Lilienthal gewidmet ist.

Einiges aus dem Inhalt: Kindheit · Lehrjahre · Vom Erfinder zum Fabrikanten · Die Luftschildfahrt um das Jahr 1885 · Vom Luftsprung zum Gleitflug · Segelflüge bei Rhinow · Der erste Flieger und seine Zeitgenossen · Lilienthals Persönlichkeit im Strom der Zeit · Der Kampf um den Dauerflug · Otto Lilienthals letzte Arbeiten und Pläne · „Opfer müssen gebracht werden!“ · Die Bedeutung Otto Lilienthals für die Flugtechnik.

Ergänzend dazu interessiert die kleine Schrift:

Vom Flugahn zum Höhenflug

Von H. Hildebrandt. Deutsches Museum Abhandlungen und Berichte, 5. Jahrgang (1933), Heft 3. DIN A 5, 29 Seiten mit 6 Bildern. Brosch. RM 0,90.

Aus eigenem Miterleben wird in diesem Heft ein Abriß der Geschichte der deutschen Luftfahrt gegeben, der vor allem die Arbeit und die großen Leistungen der Wegbereiter hervorhebt, die ohne Aussicht auf Ehre und Ruhm, Gut und Leben eingesetzt haben.

Z u b e z i e h e n d u r c h j e d e B u c h h a n d l u n g !

VDI-VERLAG GMBH BERLIN NW 7



Großflugboot „Wal“
von Dornier im Garten
des Deutschen Museums



Eindecker-Gleitflieger
Lilienthals
in der Abteilung Luft-
schiffahrt des Deutschen
Museums