Entwicklung der Flugtechnik.

Von Prof. Alex. Baumann, Stuttgart.

In den wenigen Jahren ihres Bestehens hat die Flugtechnik doch schon eine namhafte Entwicklung durchgemacht.

Das gilt natürlich in erster Linie für den konstruktiven Aufbau, Herstellung und Konstruktion der Einzelteile. Es ist eine fortschreitende Vervollkommnung und Verbesserung der Teile ebenso wie der ganzen Maschine rein werkstattmäßig unverkennbar. Dasselbe gilt vom verwendeten Material und seiner Verarbeitung sowie von der äußeren Aufmachung der Maschinen. Doch soll es sich um diese Dinge hier ebensowenig handeln, wie um die Festigkeit der tragenden Teile, der im Laufe der Zeit mehr und mehr Beachtung geschenkt wurde, so daß, was Festigkeit anlangt, heutige gute Maschinen die ersten flugfähigen Flugzeuge an vielen Stellen um ein vielfaches übertreffen.

Es soll vielmehr im folgenden die Entwicklung besprochen werden, die das Flugzeug in aerodynamischer Hinsicht genommen hat.

In dieser Hinsicht sind neben anderen vor allem vier Umstände für die Charakterisierung eines Flugzeugs von Bedeutung:

1. Die Formgebung des Gesamtaufbaus, abgesehen von Trag- und Steuerflächen in Rücksicht auf geringen Flugwiderstand und große Geschwindigkeit;
2. die Größe des durch die Motorstärke bedingten vorhandenen Leistungsüberschusses über das notwendige Minimum;
3. Gestaltung der Tragflächen in Rücksicht auf geringen Flugwiderstand bei großer Tragkraft, also in Rücksicht auf die Ökonomie;
4. Formgebung der Tragflächen und der ganzen Maschine in Rücksicht auf die Stabilität.

1. Formgebung des Gesamtaufbaus.

Im Gesamtaufbau waren ursprünglich Doppeldecker und Eindecker prinzipiell verschieden. Fast allgemein wurden beim Doppeldecker Höhensteuer und Führer vorn, Motor und Schraube hinter der Tragfläche angeordnet. Dazwischen Benzingefäß und Kühler. Beim Eindecker war die umgekehrte Reihenfolge in der Anordnung bevorzugt. Daneben hielt sich bis heute beim Eindecker, wenn auch nur bei wenigen Typen, die Anordnung: Führer unter der Tragdecke, Motor oben, Schraube vorn, Steuer hinten.

Es leuchtet ein, daß bei einem Flugzeug eine möglichste Verringerung der Widerstände, also eine möglichste Verringerung der dem Wind sich bietenden Angriffsflächen anzustreben ist, ebenso, daß diesen Flächen nach Möglichkeit eine solche Gestalt zu geben ist, die an sich einen geringen Widerstand gewährleistet.

Es kam also darauf an, alle Teile des Flugzeugs, die nicht Tragfläche sind, möglichst zusammenzudrängen, und in einem gemeinsamen, günstig geformten umhüllenden Körper unterzubringen. Nach dem Vorausgehenden scheint von vornherein der übliche Aufbau der Eindecker für eine solche Maßnahme geeigneter als der Aufbau der Zweidecker, denn dort hindert in den meisten Fällen die sich direkt hinter der Tragfläche drehende Schraube die Anordnung eines langgestreckten Rumpfkörpers, der geeignet wäre, Personen, Motor usw. in sich aufzunehmen und gleichzeitig das stets hinter der Maschine angeordnete Kurs- oder Seitensteuer zu tragen. Es kommt hinzu, daß die Anordnung des Höhensteuers vorn die Anbringung einer entsprechenden Trägerkonstruktion zur Aufnahme des Höhensteuers (das gleichfalls einen Widerstand bedingt) erforderlich macht.

Es war zuerst *Breguet*, der mit Erfolg den Aufbau der Eindecker auf die Zweidecker übertrug, d. h. einen Zweidecker mit vorn liegendem Motor und hinten liegendem Höhensteuer konstruierte, und alle diese Teile in bzw. an einem langgestreckten günstig geformten Rumpfkörper anbrachte, den er zwischen den Tragflächen anordnete.

Zahlreiche andere Konstrukteure folgten nach. Wenn auch nicht alle sich dazu entschlossen, den Motor nach vorn zu legen und den Führer hinter den Motor zu setzen — denn dadurch ergibt sich notgedrungen stets ein weniger freier Ausblick für den Führer nach vorn und unten —, so wurde doch wenigstens das Höhensteuer nach hinten verlegt. Schon damit ist ja in Rücksicht auf den Wegfall einer besonderen Tragkonstruktion für das Höhensteuer eine Verringerung von Widerstand und Gewicht bedingt. Freilich gestaltet sich die Umhüllung der Insassen des Flugzeugs, des Motors und Benzingefäßes usw. auch bei hintenliegendem Höhensteuer, noch immer recht schwierig und eine wirklich befriedigende konstruktive Lösung scheint bis heute für diese Anordnung nicht gefunden, wenn man auch den in solchem Fall meist über die vordere Tragfläche hinausragenden Führer- und Passagiersitz verkleidet. Nun kommt es streng genommen nicht so sehr — wenn man die Ökonomie des Flugs und nicht allein die Fluggeschwindigkeit im Auge hat — darauf an, die nicht tragenden Widerstände klein zu machen, als vielmehr das Verhältnis dieser Widerstandsflächen zur Tragfläche. Wenn also die nicht völlig befriedigende Anordnung des vornliegenden Führersitzes beibehalten wird, so kann ihre ungünstige Wirkung immer zum Teil durch Anordnung einer verhältnismäßig großen Tragfläche, wie solche ja bei Zweideckern in der Regel vorhanden sind, ausgeglichen werden. Bei den Eindeckern war nach dem Gesagten die Aufgabe leichter zu lösen, in Rücksicht auf ihre verhältnismäßig kleinen Tragflächen ist aber eine Verringerung der schädlichen Widerstände weit wich-

tiger. Es zeigen sich hier eigentlich nur Unterschiede in der Form, die man dem Rumpfkörper in Rücksicht auf bequeme Herstellung gibt. Wir finden Rumpfkörper mit viereckigem, dreieckigem, solche mit kreisrundem und solche mit ovalem Querschnitt. Die Verkleidung besteht aus Tuch, Blech oder poliertem Holz.

Daß man weiterhin bestrebt ist, die Zahl der im Wind liegenden Drähte und Stangen möglichst zu verringern, ist selbstverständlich. Auch in dieser Hinsicht sind Fortschritte und Unterschiede vorhanden. Auch hier geht, wenigstens für den Doppeldecker, *Breguet* am weitesten, ebenso, daß man möglichst alle vorspringenden Teile vermeidet und ihnen eine Gestalt zu geben sucht, die geringe Widerstände bedingt.

Alle diese Maßnahmen haben zu einer fortschreitenden Vergrößerung der Fluggeschwindigkeit und Tragkraft geführt. Eine solche Vergrößerung der Geschwindigkeit hat nicht allein sportliches Interesse, sondern auch insofern Bedeutung, als sie den Flug bei ungünstigerem Wetter ermöglicht. Es muß dabei allerdings eine Einschränkung insofern gemacht werden, als wir auch Maschinen besitzen, die bei relativ geringen Geschwindigkeiten selbst bei sehr schlechtem Wetter zu fliegen gestatten (Wrightmaschine).

2. Leistungsüberschuß des Motors.

Diese Vergrößerung der Geschwindigkeit ist aber nicht lediglich durch Verringerung der Widerstände, sondern auch dadurch erreicht worden, daß man fortschreitend stärkere Motoren verwendete.

Während in den ersten Zeiten die Motoren der Flugzeuge eine Stärke besaßen, daß man nur gerade fliegen konnte, sind heute die Motoren bei weitem stärker. Flugzeuge, die mit einem 50 bis 60 pferdigen Motor fliegen könnten, besitzen heute einen solchen von 70 bis 100 Pferdestärken. Die Folge ist, daß ein solches Flugzeug auch mit einem erheblich gedrosselten Motor noch zu fliegen vermag, allerdings mit verringerter Fluggeschwindigkeit. In dem Unterschied zwischen der normalen Fluggeschwindigkeit, die ein Flugzeug besitzt, und der kleinsten Geschwindigkeit, mit der es noch zu fliegen vermag, spricht sich am deutlichsten der Überschuß an Motorstärke aus, den ein Flugzeug besitzt. Dieser Unterschied beträgt bei einzelnen Flugzeugen bis 70 km/Stde, d. h. sie vermögen beispielsweise mit 60 km/Stde noch zu fliegen, während sie normal 130 km/Stde Geschwindigkeit entwickeln. Der Unterschied entspricht so 55 %. In den wenigsten Fällen beträgt er bei den üblichen Flugzeugen weniger als 25 bis 30 %.

Dieser Leistungsüberschuß ist wesentlich, denn er erlaubt trotz großer Fluggeschwindigkeit mit geringer Geschwindigkeit die Landung auszuführen, ebenso mit verhältnismäßig kurzem Anlauf in die Luft zu kommen. Er ergibt notwendig auch eine verhältnismäßig große Steiggeschwindigkeit. Schließlich ist er aber auch insofern von Bedeutung, als ein Nachlassen der Motorleistung — vielleicht ein nur vorübergehendes — nicht zur Landung zwingt. Daß ferner die Er-

reichung großer Flughöhen und ebenso die Mitnahme großer Überlasten dadurch erst ermöglicht wird, bedarf keiner Erläuterung. Die Möglichkeit der Verwendung solcher starker Motoren — bis 200 PS, selbst 400 PS, üblich im allgemeinen 100 bis 150 PS — war erst mit dem Bau so ausgesprochen leichter Motoren, wie wir sie heute besitzen, gegeben. In gleichem Maße hat ihre Zuverlässigkeit zugenommen, jedoch kann auf diese Dinge hier nicht eingegangen werden.

3. Gestaltung der Tragflächen in Rücksicht auf die Ökonomie.

Kann man für die aufgeführten Punkte eine große Übereinstimmung in der Richtung der Entwicklung feststellen, so gilt das nicht in gleicher Weise von der Formgebung der Tragfläche. Man findet im Laufe der Zeit die verschiedensten Tragflächenprofile verwendet, wie schon die ersten Flugzeuge beträchtliche Unterschiede zeigten. Neben schwach oder mäßig gewölbten Tragflächenprofilen (*Wright, Voisin*) fanden sich schon damals stark gewölbte (*Bleriot, Antoinette*). Es wurden neben Tragflächen mit beiderseitiger Tuchbespannung auch solche mit Tuchbespannung nur auf der Oberseite (*Voisin*) verwendet. Daß eine nur einseitige Tuchbespannung etwas größere Widerstände ergibt, leuchtet ein, trotzdem finden wir solche auch heute noch bei einzelnen Fabrikaten in Rücksicht auf gewisse konstruktive Vorteile und Bequemlichkeiten, die damit verbunden sind. Dieselbe Vieltätigkeit in der Profilform besteht bis heute, ohne daß entschieden werden könnte, in welcher Richtung eine Entwicklung läge.

Eine Zeitlang wurde das sogenannte Nieuportprofil (Fig. 1) stark bevorzugt und von den

Fig. 1.

verschiedensten Konstrukteuren aufgenommen beziehungsweise zum Teil sklavisch nachgeahmt, weil die vorzüglichen Resultate der Maschine von Nieuport dem Tragflächenprofil zugeschrieben wurden. Es geschah das zu Unrecht, denn das Nieuportsche Flügelprofil für sich allein genommen, ohne die dazugehörige Maschine, ist nicht leistungsfähiger als ein anderes, und ein brauchbares selbst hervorragendes Flügelprofil ergibt ohne Sonstiges noch keine gute Maschine.

Ebensowenig haben am Hinterrand elastische Tragflächen ihre Überlegenheit so darzutun gewußt, daß sie zur allgemeinen Anwendung gekommen wären.

Im allgemeinen kann nicht mehr gesagt werden, als daß für schnelle Maschinen schwachgewölbte, für besonders tragfähige Maschinen stärker gewölbte Tragflächen verwendet werden, daß diese Tragflächen meist die stärkste Krümmung im vorderen Drittel besitzen, und daß sie meist beiderseitig bespannt sind. Der Stoff wird heutzutage in der Regel nicht gummiert, sondern mit Cellon

getränkt, wodurch er eine glatte, harte Oberfläche bekommt und vor allem seine Dehnung größtenteils verliert. Man findet aber auch bei Maschinen, die offenbar für große Geschwindigkeiten gebaut sind, bisweilen auffallend stark gewölbte Tragflächen. Man darf nicht übersehen, daß die Formgebung der Tragflächen in vielen Punkten auf einen Kompromiß hinausläuft. Es handelt sich einmal darum, große Geschwindigkeiten zu erreichen, zum anderen mit einem geringen Auslauf auszukommen. Die eine Rücksicht läßt schwach gewölbte, die andere stark gewölbte Profile zweckmäßiger erscheinen.

Der Anstellwinkel, d. i. der Winkel, unter dem die Tragfläche gegen die Bewegungsrichtung gestellt wird, hat sich, wie naturgemäß, mit den zunehmenden Geschwindigkeiten ständig verringert. Um so empfindlicher sind damit die Flugzeuge gegen Lagenänderungen in der Bewegungsrichtung. Da nun bei schwach gewölbten Profilen die Auftriebskräfte mit dem Anstellwinkel weniger rasch zunehmen, wie bei stark gewölbten, so empfiehlt es sich auch von diesem Gesichtspunkt aus, schnelle Maschinen mit schwachgewölbtem Profil auszurüsten.

4. Formgebung in Rücksicht auf Stabilität.

Die Profilfrage schließt aber auch noch andere Kompromisse in sich, die mit der Wanderung des Druckmittelpunkts zusammenhängen. Wie bekannt, findet bei gewölbten Flächen im allgemeinen eine Wanderung des Druckmittelpunkts derart statt, daß bei ganz kleinen Anstellwinkeln der Druckmittelpunkt nahe der Tragflächenhinterkante liegt, um dann mit Vergrößerung des Anstellwinkels sehr rasch auf die Vorderkante zuzuwandern. Bei ständiger Zunahme des Anstellwinkels kommt so der Druckmittelpunkt vorwärts bis zum vorderen Drittel der Tragfläche, um dann weiterhin allmählich nach der Mitte der Tragfläche zu zurückzuwandern. Die Folge davon ist, daß ein Flugzeug mit einer gekrümmten Tragfläche, wenn dem nicht Vorrichtungen entgegenwirken, das Bestreben hat, nach vorn — unter Umständen auch nach hinten — zu kippen. Die beschriebene Druckmittelpunktswanderung ist zwar bei allen nur nach einer Richtung gekrümmten Tragflächen im Prinzip vorhanden, jedoch ist die Wanderung im einzelnen doch je nach der Form des Tragflächenprofils verschieden. Im vorderen Drittel stark gewölbte Flächen weisen insofern eine verhältnismäßig günstige Druckpunktswanderung auf, als diese Wanderung innerhalb der üblichen Flugwinkel nur über kurze Strecken stattfindet, während der übrige Verlauf der Wanderung sich bei Winkeln vollzieht, die für normale Verhältnisse nicht zu erwarten sind. Für solche Flächen brauchen daher die Vorrichtungen, die die schädliche Wirkung der Druckpunktswanderung kompensieren, weniger wirksam zu sein.

Flächen schließlich, die eine doppelte Krümmung besitzen, bei denen also die Vorderkante nach unten, die Hinterkante aber nach oben gebogen ist (Fig. 2) — hierher gehören auch die Flächen

mit elastischer Hinterkante —, zeigen eine Wanderung des Druckpunkts, die von der beschriebenen völlig abweicht. Bei ihnen wandert der Druckpunkt mit abnehmendem Einfallswinkel ständig nach vorn. Wird also bei ihnen durch irgendwelche äußeren Einflüsse der Einfallswinkel verkleinert, womit sich die Spitze der Maschine nach unten neigt, so entsteht infolge der Druckpunktswanderung ein Moment, das die Maschine in ihre alte Lage zurückzubringen sucht. Es erhellt daraus, daß für die Profilierung der Tragflächen nicht allein Gesichtspunkte, die mit der Ökonomie des Fluges und der Geschwindigkeit zusammenhängen, maßgebend sind, sondern auch Gesichtspunkte, die für die Stabilität von Wichtigkeit sind. Da nun im besonderen Tragflächenprofile der letztgenannten Art, d. h. solche mit doppelter Krümmung oder elastischer Hinterkante, erwiesenermaßen größere Widerstände ergeben als andere, so erkennt man, daß auch in dieser Hinsicht die Entscheidung für das eine oder andere Profil auf einen Kompromiß hinausläuft. Es ist dann bei der Beurteilung der fertigen Maschine schwer zu sagen, welche Gesichtspunkte und Rücksichtnahme im einzelnen in dem speziellen Fall zu der Wahl des betreffenden Profils geführt haben. Die vielen zusammen-

Fig. 2.

wirkenden Umstände erklären dann aber auch unschwer die anzutreffende große Mannigfaltigkeit und den offensichtlichen vorläufigen Mangel einer allgemein eingehaltenen Richtlinie.

Die vorstehenden Erörterungen berühren schon die Fragen, die mit den Stabilitätsvorrichtungen zusammenhängen. Aus dem über doppelt gekrümmte Flächen Gesagten geht schon hervor, daß, was die Stabilität in der Längsrichtung anlangt, eine Wanderung des Druckpunktes für die gesamte Maschine zu fordern ist, derart, daß mit Verringerung des Einfallswinkels die Wanderung nach vorn eintritt, womit ein aufrichtendes Moment entsteht, wenn die Spitze der Maschine sich nach unten neigen will und umgekehrt. Die Maschine besteht im allgemeinen ja nicht nur aus einer Tragfläche; zum mindesten ist es denkbar und möglich, noch weitere geeignete Flächen an der Maschine anzubringen. Die Lage des Druckpunkts für die gesamte Maschine ergibt sich dann aus der Lage der Druckpunkte der einzelnen gleichzeitig in Frage kommenden Flächen. Es ist ohne weiteres zu überblicken, daß Flächenkombinationen möglich sein werden, die zusammen die geforderte Druckpunktswanderung ergeben. Man braucht nur in einem genügenden Abstand hinter der Tragfläche eine zweite Fläche, die Schwanzfläche anzuordnen, die gegen die Luft einen kleineren Anstellwinkel als die Tragfläche selbst hat, oder man ordnet eine solche Fläche vor der Tragfläche an und gibt ihr einen größeren Anstellwinkel (Ententyp). Ebenso leuchtet aber

auch ein, daß mit der Forderung eines aufrichtenden Momentes die Stabilitätsforderungen noch nicht vollständig erfüllt sind. Erstens muß dieses aufrichtende Moment jedenfalls eine bestimmte Mindestgröße haben, soll die angestrebte Aufrichtung der Maschine nicht erst nach einer sehr langen Zeit erreicht sein. Es treten dann nicht mehr leicht zu überblickende Vorgänge ein. Denkt man sich, daß eine Maschine durch irgendwelche äußeren Einflüsse, z. B. einen Windstoß, aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht ist, und zwar so, daß ihre Spitze nach unten zeigt. Ist ein sehr schwaches aufrichtendes Moment vorhanden, so wird zwar das Bestreben vorhanden sein, die Maschine in ihre alte Lage zurückzudrehen; ehe diese alte Lage erreicht ist, wird aber jedenfalls die Maschine, da ihr Tragflächenanstellwinkel infolge Störung kleiner geworden ist, als er im normalen horizontalen Flug sein müßte, sinken, wobei gleichzeitig als Folge der Sinkbewegung ihre Geschwindigkeit zunimmt. Die Sinkbewegung bewirkt nun aber ihrerseits eine Vergrößerung des Winkels der Tragfläche relativ zur Luft, weil zu der bisherigen Horizontalgeschwindigkeit eine vertikale Sinkgeschwindigkeit tritt. Findet die Sinkgeschwindigkeit sehr rasch, also mit großer Beschleunigung statt, und zwar mit einer verhältnismäßig größeren als die Drehbeschleunigung, die durch das aufrichtende Moment hervorgerufen wird, so kann der Fall eintreten, daß infolge des mit der Sinkbewegung zunehmenden Einfallwinkels in Verbindung mit der schrägen Lage des Flugzeugs das zuvor vorhandene aufrichtende Moment nicht nur kleiner wird, sondern sich in ein entgegengesetzt gerichtetes umkehrt und die Maschine zum Sturz bringt. Daraus folgt zunächst, daß die Größe des aufrichtenden Moments in einem gewissen Verhältnis stehen muß 1. zu der Größe des Trägheitsmoments der Maschine, 2. zu der relativen Zunahme bzw. Abnahme der Auftriebskräfte des betreffenden Tragflächenprofils mit der Größe des Einfallwinkels, denn die Größe dieser Abnahme bedingt die auftretende Sinkbeschleunigung.

Schließlich ist aber auch der Fall denkbar, daß zwar das aufrichtende Moment bestehen bleibt und sich nicht in das Gegenteil umkehrt, daß aber dieses aufrichtende Moment durch Zunahme der Geschwindigkeit infolge der eingetretenen Sinkbewegung, da mit dem Quadrat der Geschwindigkeit die auf die Tragfläche geäußerten Kräfte wachsen, so stark wird, daß die Rückdrehung in die ursprüngliche Lage mit größerer Winkelgeschwindigkeit vor sich geht, als die Winkelgeschwindigkeit war, mit der sich die ursprüngliche Störung vollzog. Die notwendige Folge dieses Umstands müßte dann sein, daß die Maschine zwar in ihre alte Lage zurückkommt, aber darüber hinaus nach der entgegengesetzten Seite schwingen und dabei eine Schräglage erreichen würde, die größer ist als die zuvor in entgegengesetzter Richtung innegehabte. Der Vorgang würde sich wiederholen und zu fortschreitend größeren Störungen, schließlich zum Sturz führen. Daraus folgt, daß die Größe des aufrichtenden Mo-

ments und die dadurch bedingte Drehbewegung auch in einer gewissen Beziehung zur Flugeschwindigkeit selbst stehen muß, daß mit anderen Worten eine Dämpfung von bestimmter Größe für die auftretenden Schwingungen nötig ist. Die Größe des aufrichtenden Moments hängt ab vom Anstellwinkel, der Form und Größe der Schwanzfläche F und ihrem Abstand l vom Maschinenschwerpunkt, ist also proportional Fl , während die dämpfende Wirkung dem Ausdruck Fl^2 entspricht. Es kommt also darauf an, beide Ausdrücke auf das richtige Maß abzustimmen. Je mehr nun die Größe des aufrichtenden Moments und die Stärke der Dämpfung über das zu fordernde Mindestmaß hinausgehen, um so „stabiler“ wird die Maschine sein, um so rascher wird sie nach einer aufgetretenen Störung in ihre Ruhelage zurückkehren, um so unbedeutender werden die Pendelungen sein, die sie um diese Gleichgewichtslage ausführt. Man könnte so zunächst meinen, daß man also streben müßte, dieses Moment und die Dämpfung so groß als nur irgend möglich zu machen. Es sprechen aber doch sehr gewichtige Gründe dagegen. Je größer nämlich die Kräfte sind, die eine Maschine in einer bestimmten Lage halten, um so größere Kräfte sind auch nötig, sie aus dieser Gleichgewichtslage herauszubringen, je stärker die Dämpfung ist, um so langsamer wird auch unter Aufwand großer Kräfte die Maschine die durch die Steuerung erstrebte Lage einnehmen, um so träger wird also die Maschine sein. Da die stabilisierte Maschine sich sozusagen selbst steuert, so wird sie auch umgekehrt unter dem Einfluß der Störungen in der Atmosphäre um so stärkere, unter Umständen den Führer beunruhigende, Eigenbewegungen ausführen, je stärker ihre stabilisierende Wirkung ist. Kurzum, eine solche Maschine ist schwer steuerbar, besonders in unruhiger Luft. Im Gegensatz dazu ist diejenige Maschine am leichtesten steuerbar, die gar keine stabilisierende Wirkung besitzt. Unter „schwer“ bzw. „leicht“ steuerbar darf freilich in diesem Zusammenhang nicht verstanden werden, daß die Steuerung der Maschine schwer oder leicht zu erlernen sei, sondern daß die Maschine, wenn man sie zu steuern gelernt hat, entweder „leicht“ oder sozusagen „widerwillig“ dem Steuer gehorcht. Letzteres kann bei unruhiger Luft sehr unangenehm werden. Läßt beispielsweise bei einem Flug in Bodennähe plötzlich der Wind, gegen den die Maschine anfliegt, nach, so muß die Maschine sinken, wenn dem nicht durch Steuerbewegungen, die eine Vergrößerung des Anstellwinkels herbeiführen, entgegengearbeitet wird. Folgt die Maschine einer solchen Steuerbewegung sehr träge, so tritt die beabsichtigte Wirkung zu spät ein und die Maschine schlägt auf den Boden auf.

Ähnliches gilt von der Stabilität der Maschine in der Querrichtung. Alle Einrichtungen zur Erzielung einer Stabilität in der Querrichtung basieren in letzter Linie auf folgendem Vorgang. Legt sich die Maschine infolge irgendeiner Störung nach einer Seite schräg, hängt also die eine Seite der Tragfläche, so greifen die Luftkräfte an ihr

und damit an der Maschine nicht mehr in einer Ebene an, die durch die Vertikale zum Erdboden und die Bewegungsrichtung geht, sondern diese Ebene ist zunächst bestimmt durch die Bewegungsrichtung und eine auf der Kante der Tragfläche senkrecht stehende Linie. Infolgedessen haben die Luftkräfte eine Komponente senkrecht zur Bewegungsrichtung, die der Maschine eine seitliche Beschleunigung erteilt. Die Maschine bewegt sich also nicht mehr geradeaus nach vorn, sondern schräg nach vorn und nach der Seite, die Längsachse der Maschine fällt also nicht mehr in die Bewegungsrichtung. Alle an der Maschine angebrachten Flächen, die senkrecht zum Erdboden stehen und bei normalem Flug in die Bewegungsrichtung fallen, an denen also bei normalem Flug keine Luftkräfte angreifen können, liegen damit im Wind und äußern Kräfte auf die Maschine. Liegen solche Flächen hinter dem Schwerpunkt der Maschine, so bewirken sie nunmehr eine Drehung der Maschine um ihre Schwerachse derart, daß die hochliegende Tragflächenenseite voraus-eilt, also relativ zur Luft eine größere Geschwindigkeit bekommt als die tiefliegende, womit die Maschine sich noch schräger legen wird, als sie sowieso schon liegt. Liegt die Fläche vor dem Schwerpunkt der Maschine in der Bewegungsrichtung, so tritt das Umgekehrte ein. Liegt eine solche Fläche *unter* dem Schwerpunkt, so dreht sie die Maschine während einer solchen seitlichen Bewegung um die Maschinenlängsachse gleichfalls, so daß die sowieso schon hängende Maschinenseite noch stärker geneigt, also der Zustand verschlimmert wird; liegt sie *über* dem Schwerpunkt, so tritt die entgegengesetzte Bewegung ein. Aus allem folgt, daß es darauf ankommen wird, solche Flächen möglichst über und vor dem Schwerpunkt anzuordnen. Die Flächen vor dem Schwerpunkt anzuordnen, verbietet sich aber in Rücksicht auf die Kurshaltung. Soll die Maschine geradeaus fliegen und nicht die Neigung haben, bei der geringsten Störung ihrer Lage, bezogen auf die Schwerachse, sich um sich selbst zu drehen, so müssen die genannten vertikalen Flächen (z. B. das Seitensteuer) hinter dem Schwerpunkt liegen. Zusammen mit den gemachten Ausführungen ergäbe sich also, daß der Schwerpunkt sämtlicher vertikalen, in der Bewegungsrichtung liegenden Flächen möglichst nahe beim Maschinenschwerpunkt, wenn auch hinter ihm, daß ihr Schwerpunkt aber gleichzeitig möglichst hoch über dem Maschinenschwerpunkt liegen sollte. Die Wirkung der in der Querrichtung stabilisierenden Organe kommt also, allgemein gesprochen, darauf hinaus, den Umstand, daß bei Störung des Gleichgewichts in der Querrichtung die Bewegungsrichtung des Flugzeugs nicht mehr mit der Symmetrieachse des Flugzeugs zusammenfällt, derart auszunützen, daß die nunmehr notwendig gleichfalls unsymmetrische Verteilung der Luftkräfte ein aufrichtendes Moment erzeugt. Ein weiteres Eingehen auf diese Dinge würde freilich zeigen, daß die zuletzt angegebene Konstruktion unausführbar wird, weil diese Flächen so hoch über dem Schwerpunkt lie-

gen müßten, daß die Konstruktion unausführbar würde.

Nun braucht im Prinzip die Kraft, die eine Aufrichtung der Maschine bewirkt, nicht notwendig an einem Hebelarm anzugreifen, der senkrecht über der Maschine steht, er könnte ebensogut in der Ebene der Tragflächen, quer zur Maschine liegen, in der die Maschine sowieso eine große Ausdehnung hat. Denkt man sich die Tragflächenenden an beiden Seiten etwas nach oben gebogen, so daß die Vorder- und Hinterkante von vorn gesehen nicht eine horizontale Linie bilden, sondern an beiden Enden mit einem Knick nach oben gehen (Fig. 3), so wird, wenn die beschriebene seitliche Bewegung der Maschine eintritt, das in der Bewegungsrichtung voraus-eilende Tragflächenende, d. h. also das hängende, seitlich einen Luftwiderstand erfahren, der bei normaler Fahrt geradeaus nicht vorhanden ist. Diese Kraft wird auf der Fläche senkrecht stehen. Eine Zerlegung der Kräfte und Hebelarme zeigt, daß die Wirkung auf dasselbe hinauskäme, wie wenn an einem Hebelarm

Vorderansicht

Seitenansicht.

Fig. 3.

entsprechend der Entfernung a des hochgebogenen Tragflächenteils von der Längsachse der Maschine eine vertikale Fläche von der Größe der Projektion des hochgebogenen Tragflächenanteils p auf eine Ebene in der Maschinenlängsachse senkrecht auf der Tragfläche senkrecht über der Maschine angeordnet wäre, wobei der Hebelarm der gedachten Fläche dann noch auf der Tragfläche selbst senkrecht stehen würde. Bei positivem Anstellwinkel i der Tragflächenenden wird die gedachte Hilfsfläche also etwas nach hinten liegen, bei stark negativem Anstellwinkel der hochgebogenen Enden nach vorn zu. Man kann weitergehen und sagen, die Projektion der Tragfläche von der Seite stellt stets die aufrichtende gedachte Fläche dar. Ist dabei die Unterseite der Tragfläche bei positivem Anstellwinkel oder die Oberseite bei negativem dem seitlich stehenden Beschauer zugekehrt, so liegt die gedachte Hilfsfläche über dem Maschinenschwerpunkt, im umgekehrten Fall unter ihm. An Hand dieser einfachen Überlegungen läßt sich die Wirkung all der bekannten Vorrichtungen und Tragflächenformgebungen zur Erzielung seitlicher Stabilität mühelos erklären.

Man findet so, daß Maschinen nach dem Taubentyp eine gedachte Hilfsfläche besitzen, die über dem Schwerpunkt verhältnismäßig weit nach vorn zu liegt, so daß der Schwerpunkt sämtlicher Vertikalflächen, also mit Einschluß der Steuerflächen

und hinteren Dämpfungsflächen, sehr nahe beim Maschinenschwerpunkt liegen wird. Man erkennt ohne weiteres die stabilisierende Wirkung V-förmig gestellter Tragflächen.

Es sind Maschinen mit V-Stellung der Tragflächen und gleichzeitiger Zurückziehung der Vorderkante nach den Enden zu bekannt, derart, daß die Tragflächen auch von oben oder unten gesehen mehr oder weniger stark V-förmig oder pfeilförmig erscheinen (Fig. 4) (*Fokker, Bomhard*). Man findet diese Form auch in Kombination mit Taubenform usw. (*Condor*). Die Wirkung ist eine zweifache. Erstens entsteht durch die zurückliegende Vorderkante eine ziemlich große, seitliche Projektionsfläche, zweitens bedingt die Ausladung der Tragflächen nach hinten (infolge der zurückfliehenden Vorderkante bzw. der Pfeilform), daß der Druckmittelpunkt der Tragflächen verhältnismäßig weit nach hinten liegt. Es muß deshalb auch der Schwerpunkt der Maschine weiter hinten liegen. Die gedachte Projektionsfläche liegt also im Verhältnis zum Schwerpunkt der Maschine weit vorn.

(Noch eine weitere Wirkung der Pfeilform ist zu erwähnen, das ist die in bezug auf die Längsbewegungen [Drehungen um die Querachse] starke Dämpfung, die dadurch erzielt wird, daß die Spitze und die Enden des Tragflächenpfeils vom Schwerpunkt der Maschine in der Längsrichtung weit abliegen.)

Man kann nun noch einen Schritt weitergehen und bei noch ausgesprochenerer Pfeilform den Anstellwinkel der Tragfläche von der Mitte nach außen ablehnend wählen. Es wird dadurch die genannte seitliche Projektionsfläche weiterhin vergrößert, und zwar so, daß ihr eigener Schwerpunkt nach vorn zu liegt. Man erreicht aber gleichzeitig, daß die äußeren Tragflächenenden nicht nur seitlich, sondern auch in der Längsrichtung stabilisierend wirken, insofern sie hinter dem Schwerpunkt liegen und den Forderungen genügen, die für Flächenkombinationen aufgestellt wurden, soweit sie die Stabilität in der Längsrichtung zu wahren geeignet sind. Man erhält so die Maschine von *Dunne*, die also demnach keiner Schwanzfläche bedarf.

Schon bei Erörterung der Längsstabilität war auf die Schwierigkeiten, die mit einer sehr star-

ken Stabilisierung verbunden sind, hingewiesen worden. Diese gelten auch für die Stabilisierung in der Querrichtung. Die Maschine hat stark stabilisiert auch in der Querrichtung die Neigung, Eigenbewegungen auszuführen, die der Führer nicht ohne weiteres hintanhalten kann. Der Wirkung der Quersteuerung oder Verwindung wirken hier die Stabilisierungsorgane ebenso entgegen, wie das in der Längsrichtung vom Höhensteuer gesagt wurde.

Freilich gibt es für die Steuerung in der Querrichtung ein Hilfsmittel insofern, als man auch mit dem Seitensteuer außer der Verwindung einwirken kann. Es war gesagt worden, daß die Wirkung der in der Querrichtung stabilisierenden Organe dann in Erscheinung tritt, wenn die Bewegungsrichtung des Flugzeugs gegenüber der Luft nicht in die Symmetrieachse des Flugzeugs fällt. Es genügt, um diesen Zustand herbeizuführen, das Seitensteuer zu betätigen und so das Flugzeug um seine Vertikalachse eine Drehung ausführen zu lassen. Man kann so bei in der Querrichtung stabilisierten Flugzeugen das Seitensteuer an Stelle der Verwindung benutzen. Aus diesem Umstand folgt dann ferner, daß in der Querrichtung stabilisierte Maschinen bei Benutzung des Seitensteuers zum Zweck einer Kurvenfahrt sich sofort in richtiger Richtung schräg legen, was das Nehmen enger Kurven begünstigt, während in der Querrichtung nicht stabilisierte Maschinen sich, wenn man nicht die Verwindung zu Hilfe nimmt, nur sehr langsam „in die Kurve legen“.

Während in Rücksicht auf die Stabilisierung in der Längsrichtung bei allen Flugzeugen eine ziemlich einheitliche Entwicklung im Laufe der Zeit vor sich gegangen ist, kann dasselbe von der Stabilisierung in der Querrichtung nicht gesagt werden.

Die Stabilisierung in der Längsrichtung wird heute bei allen Flugzeugen angewendet, indem hinter den Tragflächen mehr oder weniger ebene Flächen — Schwanz- oder Dämpfungsflächen — meist, aber nicht immer, in Kombination mit dem Höhensteuer angeordnet werden. Nur das Maß oder die Stärke der Stabilisierung ist verschieden, auf welchen Punkt noch zurückzukommen ist.

Der Stabilisierung in der Querrichtung wird zwar in Deutschland und Österreich starke Beachtung geschenkt, aber nicht in gleichem Maße in Frankreich. Es wird dort im allgemeinen die Ansicht vertreten, daß in der Querrichtung stabilisierende Organe oder Anordnungen zusätzliche Widerstände und damit Kraftverluste bedingen, so daß der Gewinn durch die Stabilisierung durch den Verlust an Geschwindigkeit mehr als aufgewogen wird. Das trifft nun aber keineswegs für alle Ausführungsmöglichkeiten zu. Es ist richtig, daß eine Flächenform nach Art der Tauben zusätzliche Widerstände bedingt, bei Pfeilmaschinen, bei zu stark V-förmigen und anderen Flächenformen ist wohl kein solcher Verlust oder jedenfalls nur ein sehr unbedeutender vorhanden. In letzter Zeit hat sich die Maschine von

Dunne in Frankreich Eingang verschafft, die, wie schon ausgeführt, in Längs- und Querrichtung stabilisiert ist. Es kann sein, daß dadurch auch in Frankreich mit der Zeit der Querstabilisierung mehr Beachtung geschenkt wird. Bei den zahlreichen, zum Teil äußeren Faktoren aber, die für die Entwicklung des Flugwesens dort wie bei uns maßgebend sind, und auf die noch einzugehen wäre, läßt sich Bestimmtes kaum voraussagen.

Es ist schon behauptet worden, es gäbe verschiedene Prinzipien zur Aufrechterhaltung des Flugs, und es ist von angeblichen Fachleuten unterschieden worden zwischen dem „Trägheitsprinzip“ (Vertreter die Taube, die nicht eigentlich stabil sei), dem „Stabilisierungsprinzip“, d. h. V- und Pfeilstellung“ und zwischen dem „Zentrierungsprinzip“, wobei dieses letztere als neueste französische Errungenschaft hingestellt wurde, weil ja nur von dort Gutes zu erwarten ist. Dabei wird unter dem Zentrierungsprinzip folgendes verstanden: Ordnet man alle Flächen, Tragflächen, Steuerflächen, Rumpfflächen usw., so um den Schwerpunkt herum an, daß der Druckmittelpunkt all dieser Flächen in jeder Projektionsrichtung mit dem Schwerpunkt zusammenfällt, so ist die Maschine zentriert, es mag nun ein Windstoß kommen, von wo er will, er wird auf die Maschine nur Kräfte äußern können, die durch den Schwerpunkt hindurchgehen, also nie Momente, die Kippbewegungen der Maschine einleiten würden. Eine solche Maschine gebraucht also keine Stabilisierungsvorrichtungen, sie wird leicht, hat geringe Flugwiderstände und ist leicht steuerbar. Es ist schon darauf hingewiesen, daß die erste, aber nicht einzige Forderung der Querstabilisierung darin besteht, die vertikalen Flächen der Maschine möglichst nahe dem Schwerpunkt zu legen, soweit die Kurshaltung dadurch nicht beeinträchtigt wird. Diese Forderung deckt sich also mit dem, was nach dem Zentrierungsprinzip erreicht werden soll. Bezüglich der Querstabilität würde also nach den Forderungen des sogenannten Zentrierungsprinzips nur eine unvollkommene Quersteuerung derart erreicht, daß eine Maschine, die durch eine äußere Störung in eine seitliche Schräglage gekommen ist, selbsttätig diese Schräglage nicht oder nur sehr langsam vergrößert, sondern möglichst in ihr verharrt, bis sie vom Führer wieder aufgerichtet wird. Bestenfalls könnte nach dem Zentrierungsprinzip in der Längsrichtung in Rücksicht auf die Wanderung des Druckpunkts gewölbter Flächen dasselbe erreicht werden. Unter Maschinen, die nach dem „Trägheitsprinzip“ gebaut sind, wären Maschinen nach Art der Taube zu verstehen. Aus den vorstehenden Ausführungen geht ohne weiteres hervor, daß ein prinzipieller Unterschied zwischen den Maschinen nach dem „Trägheitsprinzip“ und dem Prinzip der „Neigungswinkeldifferenz“ überhaupt nicht besteht, und daß auch die Maschinen des „Zentrierungsprinzips“ als unvollkommen oder schwach stabilisierte Maschinen, bei denen aber die Mittel und Grundsätze der Stabilisierung gleichfalls dieselben sind, angesprochen werden müssen.

Eine Unterscheidung verschiedener „Prinzipien“ ist also gar nicht am Platze. Es ist aber des weiteren zu sagen, daß diese angebliche neueste französische Errungenschaft gar nicht so neu ist. Dieses selbe Prinzip war schon bei der Kanaltypen von Bleriot angewendet, der, um die Vertikalflächen der Maschine in der Längsrichtung möglichst dem Schwerpunkt nahezubringen, nur den vorderen Teil des Rumpfes verkleidete. Noch weit früher aber war dieses Prinzip an den Wrightmaschinen verwirklicht, die von allem Anfang an zur Kompensation des hinten liegenden Seitensteuers zwei, früher halbmondförmige, heute dreieckige Vertikalflächen vor dem Schwerpunkt der Maschine anbrachten. Diese Flächen lagen bei den alten Wrightmaschinen zwischen den vorn liegenden Höhensteuern, sie sind heute, wo das Höhensteuer hinten liegt, zwischen den Streben des nach vorn ragenden Fahrgestells angebracht. Es wird also somit fälschlich eine Erkenntnis der von den Franzosen so viel befeindeten und angegriffenen Gebrüder Wright als französische Errungenschaft beansprucht.

Wenn man also heute das „Zentrierungsprinzip“ in Frankreich als ausschlaggebend ansieht, so würde das schließlich nur heißen, daß man dort heute die Ansicht vertritt, die günstigsten Verhältnisse erziele man mit einer möglichst schwachen Stabilisierung, bei der die Maschine also entsprechend unseren früheren Feststellungen keine Eigenbewegungen ausführt, nicht träge, sondern außerordentlich rasch dem Steuer folgt. Das hat, wie einleuchtend, vielerlei für sich, insofern als der Führer einer solchen Maschine das Bewußtsein hat, seine Maschine vollkommen in der Hand zu haben, da sie auf den geringsten Steuerdruck reagiert. Eine solche Maschine wird jede gewünschte Evolution rasch und präzise ausführen. Aber auch hier ist zu sagen, daß dieselbe Eigenschaft die Wrightmaschinen auszeichnet, und zwar bei Fluggeschwindigkeiten, bei denen andere Maschinen nicht mehr in gleichem Maße lenksam wären. Und es darf in diesem Zusammenhang nicht vergessen werden, daß diese Maschinen, was Sturmsicherheit anlangt, von keiner, selbst doppelt so schnellen Maschine übertroffen, von vielen nicht einmal erreicht werden. Um so mehr ist es zu bedauern, daß diese Maschinen in ihrer konstruktiven Durchbildung gegenüber anderen Maschinen so außerordentlich zurückgeblieben sind, so daß sie heute durchaus veraltet erscheinen.

Man ist so in Frankreich also in diesen Punkten zu den von den Wrights vertretenen Anschauungen in mancher Hinsicht zurückgekehrt oder nicht über sie hinausgekommen, während in Deutschland die stark stabilisierten Maschinen bis heute die meiste Beachtung und Pflege gefunden haben.

5. Unterschiedliche Entwicklung in Frankreich und Deutschland und die Ursachen.

Noch ein weiterer Unterschied ist beachtenswert. In Deutschland wird vor allem der Bau schwerer Maschinen betrieben, d. h. der Bau von

Maschinen, die geeignet sind, große Nutzlasten zu transportieren und die dann auch ein dementsprechend großes Eigengewicht besitzen. Es schwankt bei uns das durch die Luft transportierte Gesamtgewicht zwischen etwa 650 und 1000 kg. Solche schweren Maschinen sind in Frankreich nicht die Regel, die Maschinengewichte sind im allgemeinen geringer, so daß das transportierte Gesamtgewicht bis auf etwa 350 bis 450 kg heruntergeht. Bei Verwendung selbst schwächerer Motoren besitzen deshalb diese Maschinen einen größeren Leistungsüberschuß als im allgemeinen die deutschen Maschinen. Das kommt zum Ausdruck im kurzen Anlauf, ihrer großen Steigfähigkeit und in den erreichten Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsdifferenzen. Solche leichte Maschinen können nur gebaut werden, wenn man über entsprechend leichte Motoren verfügt. Das Motorgewicht mit Zubehör macht ein Drittel bis ein Viertel des gesamten Maschinengewichts aus, fällt also ins Gewicht, besonders wenn man bedenkt, daß das Gewicht sämtlicher tragenden Teile durch das Motorgewicht beeinflußt wird. Wir besitzen nun bis heute noch keinen Motor, der, was Eigengewicht anlangt, dem Gnomemotor an die Seite gestellt werden könnte, und so lange wird dieser Gewichtsunterschied der Flugzeuge bestehen bleiben, der also weniger im Unvermögen unserer Flugtechniker als in äußeren Verhältnissen zu suchen ist.

Trotz des genannten Unterschieds hinsichtlich der Motoren wären wir auch in Deutschland in der Lage, wesentlich leichtere Maschinen zu bauen, als das im allgemeinen der Fall ist. Es könnten ja außerdem auch von uns leichte französische Motoren verwendet werden. Daß beides nicht geschieht, hat seine guten Gründe, die in den äußeren Verhältnissen zu suchen sind. Auf diese äußeren Verhältnisse und die Entwicklung stark beeinflussenden Faktoren ist im vorstehenden schon mehrfach hingewiesen worden.

Die Sache liegt sehr einfach. Jeder Flugzeugfabrikant baut solche Maschinen, die Aussicht haben, gekauft zu werden; nur für solche Neukonstruktionen wird er fürs erste die großen Kapitalien aufwenden, die ausgegeben werden müssen, bis ein neuer Typ auf der Höhe und damit verkaufsfähig ist — es handelt sich um Summen von 50—100 000 Mark, unter Umständen um noch größere Beträge. Er wird sein Geld und seine Arbeitskraft also lieber für solche Maschinen aufwenden, von denen er weiß, daß sie gekauft werden, als für solche, die sich den Markt erst erobern müssen. Es kommt hinzu, daß, wenn er mit großen Opfern einen wirklich neuen Typ geschaffen und gegen nicht unbeträchtliche Widerstände schließlich durchgesetzt hat, sofort die Konkurrenz gleichfalls den Bau solcher Maschinen aufnimmt, ja geradezu von Persönlichkeiten, die der Militärverwaltung, dem einzigen ernsthaften Käufer in Deutschland, nahestehen und auf ihre Entschließungen Einfluß haben, aufgefordert wird, solche Maschinen nachzubauen. Es ist wenig verlockend, in solche Experimente Geld zu stecken. Das alles ist natürlich nur möglich, wenn ein genügender

Patentschutz auf den betreffenden Typ nicht zu erlangen ist. Die Verhältnisse liegen nun aber so, daß ein weitgehender Patentschutz in dieser Hinsicht kaum zu erlangen ist, weil erstens so ziemlich alle nur denkbaren Kombinationen schon patentiert und dann meist wieder fallen gelassen sind (mit einer Idee ist eben nichts zu erreichen, hinter der nicht entsprechende Mittel stehen, aber auch aus anderen Gründen, die zu erörtern zu weit führen würde), und weil ferner zwischen der ursprünglichen Idee und der praktischen Ausführung so viel liegt, daß die ursprünglich geschützte Idee sich nur noch angenähert in der schließlichen fertigen Maschine ausspricht.

Diese Umstände führen dann dazu, daß in der Hauptsache nur die der Militärverwaltung genehmen Maschinen gebaut werden und Gewinn abwerfen. Die Militärverwaltung wiederum stützt sich auf das Urteil ihrer Militärflieger, diese ihrerseits verlangen von den Maschinen, daß sie in ihrem Verhalten möglichst den von ihnen gewohnten Maschinen entsprechen; da diesen Herren zum großen Teil eine wirkliche Sachkenntnis abgeht (was kein Vorwurf ist, denn zwischen einem Flugtechniker und einem Militärflieger liegt im allgemeinen ziemlich so viel wie zwischen einem Leutnant der Reserve und einem General), so haben sie dann auch zu Maschinen, die in ihrem Aufbau usw. nicht dem Üblichen entsprechen, vornehmlich kein Zutrauen. Daraus erklärt sich dann ohne weiteres, daß, wenn ein neuer Maschinentyp alle Anforderungen, die der Erbauer an sie stellt und seine Erwartungen vollständig erfüllt und selbst übertrifft, auch dann, wenn er den militärischen Abnahmebedingungen entspricht, noch lange nicht so weit ist, daß mit ihm ein sicherer Gewinn zu erhoffen stünde. In diesem Frühjahr wurde beispielsweise von unseren militärischen Sachverständigen ein neuer Flugzeugtyp als Fehlkonstruktion und technischer Mißgriff bezeichnet, so daß er bis heute von keiner unserer Militärbehörden gekauft wurde. Ausgerechnet diese Maschine hat auf den meisten inländischen Konkurrenzen, bei denen sie beteiligt war, erste Preise erzielt. Ausgerechnet diese Maschine ist die erste deutsche Maschine, die auch bei einer ausländischen Konkurrenz gegen erste französische Maschinen sich hervorragend auszeichnete.

Unter diesen Umständen kann es nicht wundernehmen, daß fast alle unsere ernst zu nehmenden Flugzeugfirmen Tauben oder taubenähnliche Maschinen bauen. Hier ist eine Abnahme sicher. Aus diesen Umständen erklärt sich auch die bei uns herrschende Vorliebe für möglichst stark stabilisierte Maschinen, die in ihrem Verhalten der Taube ähneln. In dieser einseitigen Entwicklung liegt eine gewisse Gefahr. Es erklärt sich ferner aus den militärischen Abnahmebedingungen, die große Nutzlasten und mit Berechtigung die Verwendung deutscher Motoren vorschreiben, der ausschließliche Bau schwerer Maschinen.

Es ergibt sich aus allem, daß die Entwicklung, die das Flugwesen bei uns genommen hat, in erster Linie durch äußere Umstände bedingt ist. Es

muß andererseits gesagt werden, daß eine ganze Anzahl unserer Konstrukteure zu den schwächer stabilisierten Maschinen, die dem Steuer williger gehorchen, wie das ja in Frankreich ausgesprochenmaßen der Fall ist, hinneigt. Manches spricht dafür, daß in dieser Richtung die Zukunft liegt.

Die sensationellen Flüge von *Pegoud*, die ja auch von anderen durchweg mit schwach stabilisierten Maschinen ausgeführt wurden¹⁾, zeigen eigentlich, daß keine noch so große Störung der Gleichgewichtslage für eine solche Maschine mit genügend starken Steuern verhängnisvoll werden kann, wenn sie sich nur in genügender Höhe befindet, wenn der Führer nicht aus seinem Sitz fällt und die Ruhe bewahrt, daß die Maschine, ob sie sich vorwärts, rückwärts oder gar nach der Seite überschlägt, stets wieder in ihre Normallage zurückgebracht werden kann. Ist dies der Fall, dann könnten stärkere Stabilisierungen, die die Lenkbarkeit der Maschine beeinträchtigen, als überflüssig, unter Umständen eher als gefährlich gelten.

Nun hat ja die Stabilisierung einer Maschine nicht nur den Zweck, einen Absturz zu verhüten, sondern auch den, den Führer zu entlasten, die häufige, unter Umständen unausgesetzte Steuerbetätigung überflüssig zu machen. Das Ziel erreichen schwach stabilisierte Maschinen nicht. Es bliebe ein Weg offen, das ist der, eine schwach stabilisierte Maschine zu bauen, bei der die Steuerbewegungen durch Apparate oder entsprechende Vorrichtungen ausgeführt werden, die aber derart sein müßten, daß der Führer jederzeit mühelos in der Lage ist einzugreifen. Es sind eine ganze Anzahl solcher Vorrichtungen, die theoretisch z. T. einwandfrei sind, in Frankreich und Deutschland zu bauen versucht worden, in Frankreich (*Moreau*) im Gegensatz zu Deutschland unter Mitwirkung der Militärbehörde. Es sind dort auch angeblich schon gewisse Erfolge erzielt worden.

Im vorstehenden ist versucht worden, sozusagen die innere Entwicklung des Flugzeugbaues aufzudecken. Dieser steht die äußere Entwicklung gegenüber, die in den erzielten Leistungen zum Ausdruck kommt.

Es geschieht sehr leicht, daß diese sichtbaren äußeren Leistungen ohne Kenntnis der Verhältnisse zu falschen Schlüssen führen. In diesem Sommer stand bei uns das große Publikum vollständig unter dem Banne der hervorragenden Leistungen französischer Flieger. Es wurde von den vermeintlichen Sachverständigen ausgeführt, daß wir mit unseren schweren Maschinen und schweren Motoren nie Ähnliches erreichen könnten. Die Sache ist so, man sucht eine außergewöhnliche Leistung mit den Dingen zu erklären, in denen sich die betreffende Maschine von den unsrigen unterscheidet. Wären die betreffenden Maschinen zufällig ganz besonders

schwer gewesen, so wäre gesagt worden, solche Leistungen könnten mit unseren Maschinen nicht erreicht werden, sie wären zu leicht. Die betreffenden Maschinen waren tatsächlich aber leicht, also mußten unsere zu schwer sein; sie waren schwach stabilisiert, also mußten unsere zu träge sein. Sie hatten luftgekühlte Rotationsmotoren, also waren unsere wassergekühlten Motoren ungeeignet, die luftgekühlten nicht nur leichter, sondern betriebssicherer, usw. Dabei wurde vollständig vergessen, daß ehe z. B. die Flüge von Paris nach Berlin, nach Warschau, nach Brackel in einem Tag gelangen, zahlreiche Fehlschläge vorausgegangen waren, während von deutscher Seite gar kein Versuch unternommen wurde, außer einem Start von *Hirth*, der aber über den Flugplatz gar nicht hinauskam und sofort von Weiterem Abstand (er wollte gleich ohne Zwischenlandung Paris erreichen, es erwies sich aber, daß seine Maschine die erforderliche Benzinmenge nicht tragen konnte).

Daß aber kein Versuch unternommen wurde, lag auch in diesem Fall mehr an den Verhältnissen, denn am Unvermögen der Maschinen oder der Flieger¹⁾. Solche Expedition kostet viel Geld, man riskiert Maschine und Motor, wenn man an ungünstiger Stelle zur Landung gezwungen ist, abgesehen von der Gesundheit. Die großen Firmen, die ein solches Risiko auf sich nehmen konnten, versprachen sich von dem Erfolg nichts, die Flieger aber verfügen nicht über eigene Maschinen. Ähnlich war es ja auch mit den Nationalspendenflügen, die nicht entfernt so zahlreich ausgeführt wurden, als man erwartet hatte, weil den Fliegern die Maschinen fehlten bzw. sie ihnen in vielen Fällen von den Flugzeugfabriken nur unter Bedingungen überlassen wurden, die wenig verlockend waren. Mit dem Augenblick aber, wo von der Verwaltung der Nationalflugspende Preise für die Besitzer der Flugzeuge in entsprechender Höhe ausgesetzt wurden, zeigte es sich mit einem Schlag, daß mit unserem Maschinen- und Fliegermaterial, Privat- wie Militärfliegern, trotz hohem Maschinengewicht, trotz schwerem Motor usw. Leistungen erzielbar sind, die die des Auslands nicht nur erreichen, sondern weit hinter sich lassen. Es zeigte sich mit einem Male, daß wir nicht *einen* Flieger oder *eine* Maschine besitzen, die dazu in der Lage ist, sondern alle unsere Flugzeugtypen sind auf dem Plan und die verschiedensten Flieger vollbringen ganz hervorragende Leistungen, die Flüge gehen von Süd nach Nord und von Ost nach West und die Grenzen unseres Vaterlandes erweisen sich für eine Tagesleistung in gerader Richtung als fast zu eng.

¹⁾ Auch hier ist auf *Wilbur Wright* zu verweisen, der solche Flüge voraussagte und schon bei seinem ersten Auftreten in Frankreich behauptete, er könne mit seinem Flugzeug, wenn er wollte, einen senkrecht stehenden Kreis fliegen, woran heute kaum zu zweifeln ist.

¹⁾ Daß unsere Maschinen neben ausländischen bestehen können, hat der italienische Wasserflugwettbewerb gezeigt, wo eine von *Hirth* gesteuerte Albatros-Maschine gegen erste französische und italienische Fabrikate siegte. Die Bedeutung dieses Sieges liegt aber nicht in dieser Tatsache allein, sondern darin, daß diese Maschine in den diesjährigen deutschen Wettbewerben stets zahlreiche ebenbürtige Konkurrenten fand, also keine einzigartige deutsche Maschine darstellt.