Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 77/78 (1921)
Heft: 15

Artikel: Flugzeuge mit verspannungslosen Tragflächen
Autor: Meyer, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-37244

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Flugzeuge mit verspannungslosen Tragflächen.

Von cand. ing. *E. Meyer*, Flugzeugführer, Dresden.

Je grössern Auftrieb die Flächen eines Flugzeuges bei einer bestimmten Geschwindigkeit erleiden, umso grösser darf bekanntlich das Gesamtgewicht, bezw. bei gegebenem Leergewicht die Zuladung des Flugzeugs werden. Möglichst grosse Zuladung, möglichst grosse Geschwindigkeit und möglichst kleine Vortriebsleistung ergeben die grösste Transportökonomie eines Flugzeugs, als deren Massstab somit die Kennziffer

$$K = \frac{\text{Gewicht} \times \text{Geschwindigkeit}}{\text{Vortriebsleistung}}$$

gelten kann. Je grösser diese Kennziffer ist, umso mehr ist das Flugzeug geeignet, einen wirtschaftlichen Betrieb für Transport- und Verkehrszwecke zu ermöglichen.

Den Bedingungen möglichst grosser Auftriebskraft, möglichst grosser Geschwindigkeit und möglichst kleiner erforderlicher Vortriebsleistung kann umso eher entsprochen werden, als der Flugwiderstand des Flugzeugs abnimmt. Man kann daher das Verhältnis „Auftrieb : Widerstand", das kurz als A/W-Verhältnis bezeichnet wird, als einen Gütemasstab für das Flugzeug ansehen. Je grösser dieser Wert wird, umso grösser ist der Gütegrad des Flugzeugs. Aber nicht nur für die Transportökonomie spielt das A/W-Verhältnis eine entscheidende Rolle; verschiedene andere Flugeigenschaften hängen eng mit ihm zusammen. Namentlich wird der Gleitwinkel eines Flugzeugs umso günstiger, je grösser der betreffende Wert ist.[1])

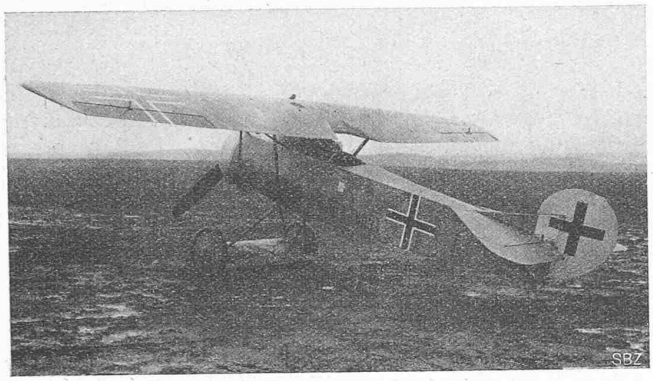

Abb. 1. Fokker-Eindecker-Jagdflugzeug, Typ D VIII, 1918.

Abb. 2. Siemens-Schuckert-Eindecker-Jagdflugzeug, Typ D VI, 1917/18.

Hinsichtlich der Erzeugung von Auftrieb und Widerstand lassen sich unter den Elementen des Flugzeugs solche unterscheiden, die zugleich sowohl Auftrieb als auch Widerstand erzeugen und solche, die keinen Auftrieb erzeugen, sondern nur Widerstand bieten. An der gleichzeitigen Erzeugung von Auftrieb und Widerstand sind die Tragflächen und alle tragflächenartig ausgebildeten Elemente des Flugzeugs beteiligt. Zu den nur Widerstand erzeugenden Organen gehören bei den meisten bisher gebauten Flugzeugen namentlich die Streben und Verspannungen zur Versteifung der Flächen, die Fahrgestellstreben, die Räder (bezw. Schwimmer), Dämpfungs- und Steuerflächen, ferner Rumpf, Motorenanlagen und Kühler.

Sowohl die Grösse des Auftriebes als die Grösse des Widerstandes der Tragflächen und tragflächenartig ausgebildeten Teile hängt von dem Flächeninhalt, dem Flächenquerschnitt, dem Verhältnis der Spannweite zur Flächentiefe, dem Anstellwinkel, der Luftdichte und der Geschwindigkeit ab. Auftrieb und Widerstand der tragenden Organe wachsen, bei gleichbleibenden Anstellwinkeln, mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Das A/W-Verhältnis der tragenden Organe bleibt also bei verschiedenen Geschwindigkeiten und gleichen Anstellwinkeln immer das gleiche. Im Flug ist der Auftrieb stets gleich dem Gewicht des Flugzeugs. Sollen nun die tragenden Organe bei verschiedenen Geschwindigkeiten und gleichen Anstellwinkeln immer den gleichen Antrieb erleiden, so muss, da ihr Auftrieb von der Flächengrösse abhängt und mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst, die Grösse der Fläche mit dem Quadrat der zunehmenden Geschwindigkeit verkleinert werden. Da seinerseits der Widerstand einer Fläche bei gleichen Anstellwinkeln mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst und ebenfalls von der Flächengrösse abhängig ist, wird bei Verringerung der Flächengrösse mit dem Quadrat der zunehmenden Geschwindigkeit, der Widerstand bei allen Geschwindigkeiten gleich. Das A/W-Verhältnis erleidet durch diese Vergrösserung der Geschwindigkeit und gleichzeitige Verkleinerung der Fläche also wiederum keinerlei Veränderung.

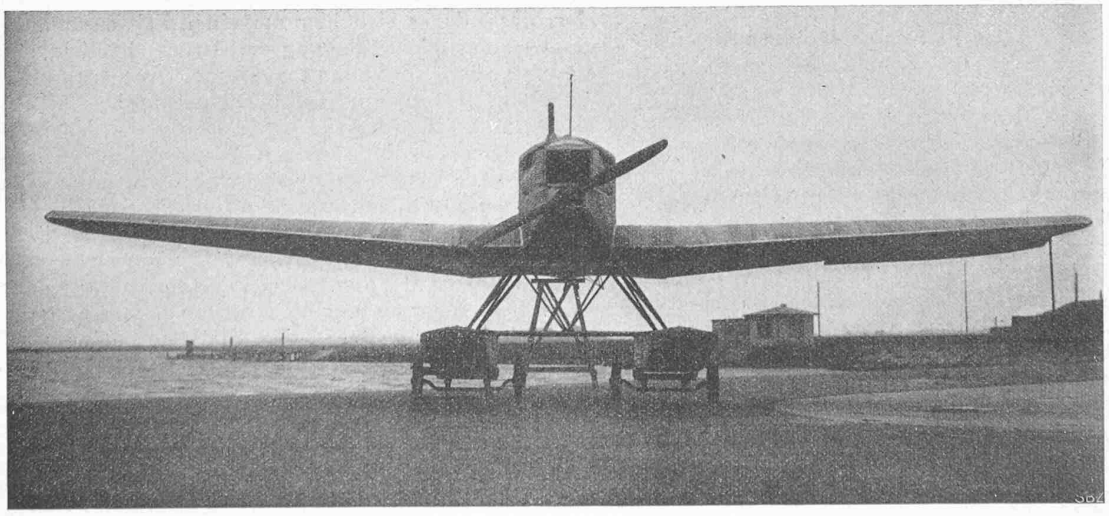

Abb. 3. Junkers Land- und Seeverkehr-Flugzeug, in Duralumin-Konstruktion, Typ 1919/20.

Das Flugzeug besteht jedoch nicht nur aus den Elementen, die sowohl Auftrieb als Widerstand erzeugen, sondern auch aus solchen, die nur Widerstand bieten. Auch der Widerstand dieser Teile wächst mit dem Quadrat der zunehmenden Geschwindigkeit. Die

[1]) Vergl. die Ausführungen *H. Jennys*, Bd. LXXV, S. 139 ff. *Red.*

Grösse dieser Elemente lässt sich jedoch mit zunehmender Geschwindigkeit nicht verringern. Daraus folgt, dass die nur Widerstand bietenden Teile des Flugzeugs umso mehr zu einer Verschlechterung des *A/W*-Verhältnisses beitragen, zunächst natürlich je mehr solche Teile vorhanden sind, ferner je grösser die Fluggeschwindigkeit wird.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass ein ideal konstruiertes Flugzeug lediglich aus sowohl Auftrieb als Widerstand erzeugenden Teilen bestehen müsste, und keinerlei nur Widerstand bietende Elemente aufweisen dürfte. Bei diesem idealen „Nur-Tragflächen-Flugzeug" wäre das *A/W*-Verhältnis für alle Geschwindigkeiten gleich. Die erforderliche Vortriebsleistung eines solchen Idealflugzeuges wäre lediglich von der Geschwindigkeit abhängig und dieser proportional (für die verschiedenen Geschwindigkeiten gleiche Propellerwirkungsgrade vorausgesetzt). Da anderseits der Brennstoffverbrauch für eine bestimmte Strecke der erforderlichen Vortriebsleistung direkt proportional und der Geschwindigkeit umgekehrt proportional ist, so bleibt beim Idealflugzeug der Brennstoffverbrauch für eine bestimmte Strecke unabhängig von der Geschwindigkeit. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass diese für die Wirtschaftlichkeit ideellen Verhältnisse von keinem der andern Verkehrs- und Transportmittel (Schiffe, Luftschiffe, Landfahrzeuge) erreichbar sind und dass darauf die ideelle Ueberlegenheit des Flugzeugs über diese beruht.

Praktisch restlos zu erreichen ist das Idealflugzeug natürlich nicht. Auf der möglichsten Annäherung an das Idealflugzeug beruht z. B. die Ausführung der Junkers-Flugzeuge. Prof. *Hugo Junkers* in Dessau hat als Richtlinien für die Formgebung seiner Flugzeuge die Forderungen aufgestellt, sich dem Idealflugzeug durch möglichst weitgehende Ausschaltung der nur Widerstand bietenden Elemente des Apparates zu nähern und zu diesem Zwecke die bisher vorhandenen derartigen Elemente entweder durch andere Konstruktionsweise zu beseitigen oder diese Teile in die schon vorhandenen, Auftrieb und Widerstand bietenden Elemente hinein zu verlegen, oder auch sie mit Auftrieb erzeugenden Hüllen zu umgeben.

Verwirklicht haben Prof. Junkers, Ing. Dornier u. a. diese Richtlinien für die Formgebung der Flugzeuge vor allem durch Verwendung freitragender verspannungsloser Flächen. Damit waren die bisher im Flugzeugbau allgemein benutzten, zur Zahl der nur Widerstand bietenden Elemente in erster Linie gehörigen Verspannungen der Flächen beseitigt. Möglich war die Verwendung freitragender verspannungsloser Flächen nur bei Verwendung von Tragdecks mit grosser Profilhöhe. Die Untersuchungen haben bewiesen, dass Flächen mit hohen Profilen durchaus nicht immer einen ungünstigern aerodynamischen Wirkungsgrad ergebenals die bis dahin niedrigern Profilen, dass sie vielmehr diesen sogar überlegen sein können.[1])

[1]) Vergl. die Ausführungen *C. Steigers* in Bd. LI, S. 178. *Red.*

An dieser Stelle verdient es erwähnt zu werden, dass bei einer Reihe anderer interessanter Flugzeug-Konstruktionen gleichfalls angestrebt wurde, die Widerstände der Verspannungen zu vermindern und die Verspannungen selbst durch eine geringere Anzahl von Streben mit sorgfältigem Querschnitt zu ersetzen. Hierfür seien als charakteristischste Beispiele zwei historische Albatros-Doppeldecker von 1911 und 19.2, der Typ Albatros-D XI mit 160 *PS*-Siemens-Motor, das Versuchsflugzeug WKF-80.04 sowie die Typ WKF 81 (Konstr. Prof. Knoller) der Wiener Karosserie- und Flugzeugfabrik mit 200 *PS*-Austro Daimler-Motor, der Typ Aviatik-C V mit 180 *PS*-Argus-Motor und der Versuchstyp Phönix-20.14 mit 160 *PS*-Austro Daimler-Motor sowie der K. D.-Einsitzer der Phönix-Flugzeugwerke genannt.

Abb. 5. Fokker-Verkehrsflugzeug, Typ V 45, 1920.

Die aerodynamische Ueberlegenheit der nach den Richtlinien von Prof. Junkers gebauten Flugzeuge geht aus den folgenden Zahlen hervor, die sich auf das erste Junkers-Flugzeug und auf den besten deutschen Doppeldecker jener Zeit beziehen:

	Junkers-Eindecker von 1915	Bester Zweidecker von 1915
Gewicht	1010 *kg*	1224 *kg*
Vortriebsleistung	127 *PS*	172 *PS*
Geschwindigkeit	172 *km/h*	150 *km/h*
Fläche	24 m^2	38 m^2
Spannweite	12,95 *m*	12,24 *m*
Kennziffer K d. Transportökonomie	1372	1075

Abb. 6. Sablatnig-Verkehrsflugzeug, Typ P 3.

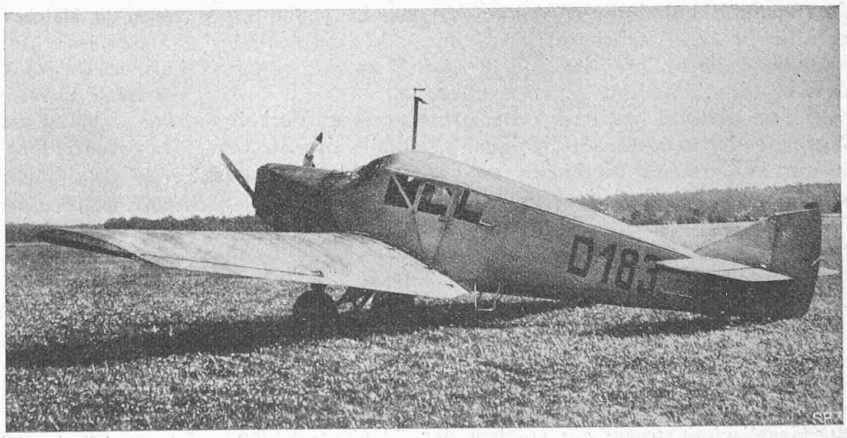

Abb 4. Junkers-Landverkehrsflugzeug, in Duralumin-Konstruktion, Typ 1919/20.

In den Jahren 1916 bis 1918 gelangte vor allem das gepanzerte Infanterie-Flugzeug Junkers-J I mit 200 *PS*-Benz-Motor zu grösster Bedeutung. Die Ueberlegenheit der Flugzeuge mit freitragenden verspannnungslosen Flächen kam in den Kriegsjahren in erster Linie auch durch die Leistungen der letzten Fokker-Jagdflugzeuge zum Ausdruck.

Hier ist vor allem der Fokker-Dreidecker mit 110 *PS*-Oberursel-Motor, der Typ Fokker-D VII mit 185 *PS*-BMW-Motor und Fokker-D VIII mit 140 *PS*-Oberursel-Motor (Abbildung 1) zu nennen. Bei diesen Fokker-Typen war vor allem die Umhüllung der Fahrgestellachsen interessant. Sie war tragflächenartig ausgebildet, eine Konstruktionsweise, die unter das Junkers-Patent von 1. II. 1910 fällt. Besonderes Interesse darf es beanspruchen, dass bei dem Typ Fokker-V 36 mit 185 *PS*-BMW-Motor die Achsenverkleidung nicht nur als tragendes Organ, sondern zugleich zur Aufnahme des Betriebstoffes ausgebildet war. Von den zahlreichen weitern deutschen Konstruktionen aus dem Jahre 1918, denen die Anwendung freitragender verspannungsloser Flächen charakteristisch ist, seien hier nur der Typ AEG-DJ I mit 200 *PS*-Benz-Motor, der Typ Daimler-L 9 mit 185 *PS*-Mercedes-Motor, Kondor-D I mit 200 *PS*-Göbel-Motor, der Typ SSW-D VI (Siemens-Schuckert-Werke, Abbildung 2) mit 160 *PS*-Siemens-Motor und der Typ Roland-D XV mit 185 *PS*-BMW-Motor, sowie die Typen Roland-D XVI mit 160 *PS*-Siemens-Motor und Roland-D XVII mit 185 *PS*-BMW-Motor genannt.

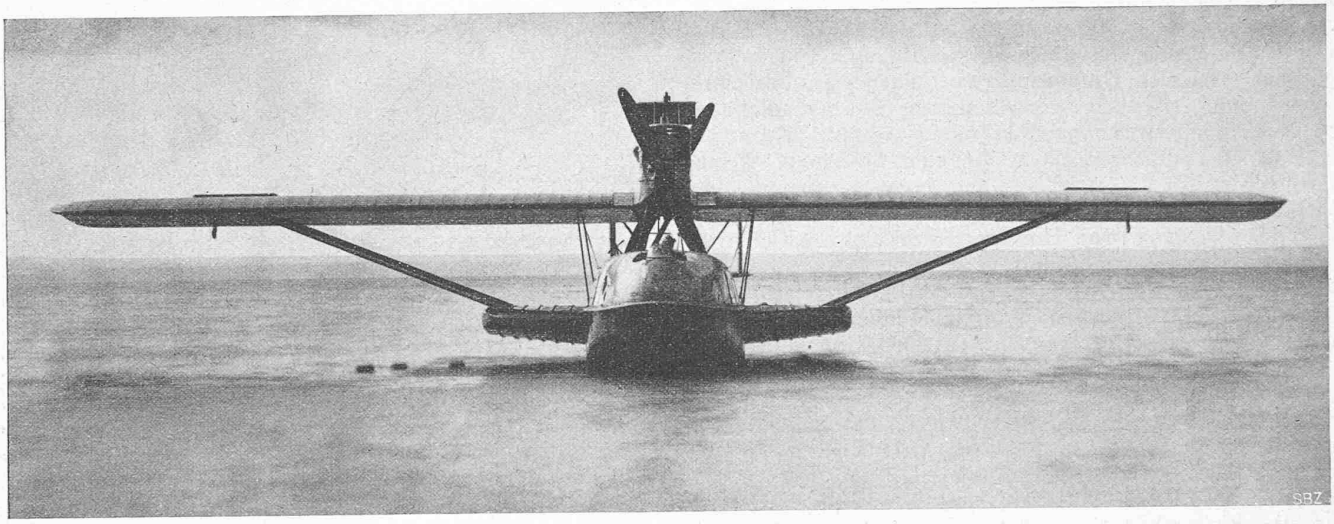

Abb. 7. Verkehrsflugboot „Dornier Gs 1 1919" der Zeppelin-Werke in Lindau. — Metall-Konstruktion.

Von den Sportflugzeugen verdient vor allem der Typ Fokker-V 40 mit 30 *PS*-Anzani-Motor Erwähnung. Unter den Verkehrsflugzeugen sind ausser dem sowohl als Landmaschine wie als Seemaschine gebauten Junkers-Flugzeug mit 185 *PS*-BMW-Motor (Abbildung 3), das in Abbildung 4 gezeigte Junkers-Verkehrsflugzeug mit 160 *PS*-Mercedes-Motor und besonders der Typ Fokker-V 45 mit 185 *PS*-BMW-Motor (Abbildung 5) zu nennen.

Eine Anzahl weiterer, bemerkenswerter Verkehrs-Flugzeuge der neuesten Zeit zeigen gleichfalls das Streben, die nur Widerstand bietenden Teile auf ein Mindestmass zu beschränken. Die bei all diesen Typen charakteristische möglichste Vermeidung der Flächenverspannung darf als besonderes Kennzeichen des neuzeitlich deutschen Flugzeugbaues gelten. Hier sind vor allem zu nennen das Verkehrs-Flugzeug Sablatnig-P 3 (Abbildung 6), die Dornier-Flugboote des Zeppelin-Werkes (Abbildung 7), von denen der Typ „Dornier Gs I 1919" während des Winters 1919/20 eine Zeit lang im Dienste der „Ad Astra-Aero"-Luftverkehr-Gesellschaft in Zürich stand, ein Flugboot der Luft-Fahrzeug-Gesellschaft sowie ein solches der Albatros-Werke.

Der Segelflug der Vögel und die Möglichkeit einer künstlichen Nachahmung.

In Nr. 11 vom 12. März 1921 dieser Zeitschrift (Seite 123) wird unter diesem Titel über einen Vortrag berichtet, den Gustav Lilienthal in der „Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft" hielt. Dem mit dem Thema des Segelfluges einigermassen vertrauten Leser werden verschiedene Unstimmigkeiten aufgefallen sein, die entweder von Lilienthal selber oder vom Berichterstatter herrühren.

Es ist unrichtig, dass ausser Gustav Lilienthal (der 1913 über seine Versuche im freien Winde und seine Ansichten über den Segelflug berichtete) niemand versucht habe, den „geheimnisvollen Vorwärtszug" gegen die Windrichtung, mit andern Worten, den „Segelflug" zu erklären. „Zitter"- und „Kreistheorie" werden schwerlich dabei in Betracht fallen, hingegen hat u. a. der Engländer *F. W. Lanchester* in seiner „Aerodynamik" (zwei Bände 1909) in geistvoller Weise das Wesen des Segelfluges, dieses arbeitslosen, flügelschlaglosen Fliegens, erörtert.

Entweder hat es der segelnde Vogel mit einer aufsteigenden Tendenz des Windes zu tun, oder mit einem im Mittel horizontal wehenden, aber turbulenten Winde, der rastlosen Geschwindigkeits-Aenderungen (Pulsationen) unterworfen ist, wovon die grossen als Böen usw. für uns fühlbar sind. Innerhalb derselben gibt es aber auch kleine Schwankungen (nach gewissen Messungen etwa 10 bis 50 in der Sek.), denen vielleicht eine grosse Rolle beim Segeln zukommt. Beide Windarten können natürlich auch gemischt auftreten.

Das Segeln mit Hülfe der ersten Windart (bei aufsteigender Richtung des Windes von wenigen Graden bis zu 90°) ist sehr leicht zu erklären mit Hülfe des Parallelogramms der Kräfte. Der Vogel wird um so eher bei einem solchen Winde segelfähig sein, je kleiner sein Flugwiderstand im Verhältnis zu seinem Gewicht (also je kleiner sein sogenannter Gleitwinkel oder Gütegrad) ist. Auch unsere heutigen Flug- und Gleitapparate müssten bei genügend kleinem Gleitwinkel bei einem derartigen Winde ohne weiteres segeln können. Es ist unrichtig, dass die Luft „mit einer Geschwindigkeit von 10 *m/sek* aufwärtsströmen müsse, um das Gewicht des Vogels zu heben". Eine solche von 1 bis 2 *m/sek* würde völlig genügen.

Die Erklärungsweisen für das Segeln bei einem im Mittel horizontalen aber turbulenten Winde gestalten sich komplizierter. Lanchester hat theoretisch nachgewiesen, dass eine solche Windart dem Vogel das Segeln ermöglichen kann, „wenn er mit Hülfe seiner Intelligenz oder auf andere Weise" die von dieser Windart zur Verfügung gestellte Turbulenzenergie derselben entziehen kann. Man kann dies auch so auslegen, dass er entweder mit Hülfe von bewusster Geschicklichkeit *oder* automatisch mit Hülfe seines Formsystems und sonstigen körperlichen Beschaffenheiten diesem turbulenen Winde die nötige Energie zum Segeln entziehen kann.

Die langjährigen Untersuchungen des Unterzeichneten auf diesem Gebiete stimmen mit den Lilienthal'schen nur insofern überein, als sie ergaben, dass beim Vogel seine Segelfähigkeit eher eine Folge einer besondern Art seiner Formbildung und -Beschaffenheit sei, als seiner Geschicklichkeit und Feinfühligkeit. In Bezug auf das Wesentliche bei der Formbildung aber, die den „geheimnisvollen Vorwärtszug" bewirken sollen und in Bezug auf die aerodynamische Auslegung desselben trennen sich unsere Ansichten vollständig.