



Illustrierte
technische Zeitschrift und Anzeiger

für das gesamte

„Flugwesen“

Offizielles Organ der Flugzeugfabrikanten und Flugtechn. Vereine.

Unter Mitwirkung bedeutender Fachmänner herausgegeben von

Oskar Ursinus,

Zivilingenieur, Frankfurt am Main

XIX. Jahrgang 1927.



Redaktion und Verlag des „Flugsport“
Frankfurt am Main.

Das Raumschiff.

Von A. B. Scherschewsky, Berlin.

(Schluß.)

Der Luftwiderstand ²⁵⁾.

Die Frage des Luftwiderstandes ist der dunkle Punkt des Problems, aber bei weitem nicht seine Achillesferse, da sämtliche Forscher zu dem Ergebnis kommen, daß dem Luftwiderstand beim R-R eine nicht so wichtige Bedeutung zukommt, wie es aufs erste erscheinen möchte und daß man die Auftriebskraft²⁶⁾ beim Starten und Landen ausnutzen kann. Hierbei kommt man in die Domänen der äußeren Ballistik²⁷⁾. Ziolkowsky gebraucht (a. a. O.) auch bei Uberschallgeschwindigkeiten das übliche quadratische Widerstandsgesetz

$$W = f(v)^2 \quad (34)$$

und kommt zu einer Formel für die Luftwiderstandsarbeit²⁸⁾, welche zeigt, daß beim Aufstieg eines 10 t H. O.-R-R die Luftwiderstandsarbeit etwa der 1 : 4000 Teil der Hubarbeit beträgt. Beim geneigten Aufstieg ist sie naturgemäß größer, beträgt aber auch bei einer Flugbahnneigung zur Wagerechten von 10° nicht einmal 1 v. H. der Hubarbeit (der geneigte Aufstieg ist also auch hierin günstig).

Ein quadratisches Gesetz nimmt nach Angaben der Ballistik auch Oberth an, läßt dafür aber den Widerstandsbeiwert (c_w) variieren. Danach ist bei einer Fluggeschwindigkeit $v \leq 300$ m/sec, $c_w \approx \text{Const}^{29)}$, steigt bei Erreichung der Schallgeschwindigkeit schnell an, erreicht bei $v \approx 425$ m/sec seinen Höchstwert (rund das 2,6fache des Wertes für Unterschallgeschwindigkeiten) und nähert sich danach asymptotisch einem Werte zu, der rund das 1,3—1,5fache des Wertes für Unterschallgeschwindigkeiten ausmacht. Der Anstieg von c_w zwischen $v = 300 \div 400$ m/sec ist relativ leicht zu erklären, da sich die Luftverdichtung vor der Spitze bei Unterschallgeschwindigkeit ausgleicht: durch Abströmen der Luft nach der Seite und durch Druckausgleich nach vorne. Bei $v > c$ ist nur noch ein seitliches Abströmen möglich. Die Wirkung der Luftverdichtung: der Druck ist bei $v < c$ sowie $v > c$ der zweiten Potenz der Geschwindigkeit verhältig. Hinter dem bewegten Körper entsteht ein luftverdünnter Raum, dessen Wirkung als Sog bei $v < c$ auch der zweiten Potenz der Geschwindigkeit verhältig ist. Bei $v = c$ wird natürlich ein Limes entstehen, denn weiter als bis zum absoluten Vakuum kann sich die Luft nicht

²⁵⁾ Siehe auch Prof. Dr. Ludwig Hopf: „Ueber Modellregeln und Dimensionsbetrachtungen“, „Naturwissenschaften“, 8. Jahrg., Heft vom Januar 1920, S. 81/85.

²⁶⁾ Die konsequente Trennung der Begriffe: Luftwiderstand und Auftriebskraft ist dadurch begründet, daß letztere bei tieferer Analyse als Kraft sui generis auftritt und mit dem Widerstand des Mediums nichts zu tun hat. Dies ist aus den Abhandlungen der Bjerkness (Vater und Sohn), Kutta, Joukowsky und Prandtl leicht zu ersehen.

²⁷⁾ Siehe etwa: Becker, Crantz, v. Eberhardt, Krupp, Mach, Roschdestwensky, Rothe, Stacchi.

²⁸⁾ Ziolkowsky erhält für die Luftwiderstandsarbeit die Gleichung

$$A_w = \frac{F \cdot (b - \sin \alpha \cdot g) \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot c_w}{g \cdot \sin^2 \alpha}$$

(F = Fläche des Größtspantes, α = Flugbahnneigung zur Wagerechten, γ = spezifisches Gewicht der Luft in Meereshöhe, h = Hubhöhe und c_w = Widerstandsbeiwert). Beim senkrechten Aufstieg ist $\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$, und man hat

$$A_w = F \cdot (b - g) \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot c_w : g$$

²⁹⁾ $c =$ Schallgeschwindigkeit.

verdünnen, und schneller als mit c kann sie nicht zusammenschlagen. Also tritt bei hohen Geschwindigkeiten der Sog immer mehr hinter dem Druck zurück, so daß sich der Ausdruck

$$c_w = (\text{Druck} + \text{Sog}) : F \cdot q \quad (35)$$

asymptotisch dem Werte:

$$c_w = \text{Druck} : F \cdot q \quad (36)$$

nähert (hierin $F = \text{Größtspantfläche}$, $q = \text{Staudruck} = \rho : v^2 : 2$, wo $\rho = \text{Luftdichte}$). Beim R-R fällt der Sog überhaupt fort, insofern der Raum hinter dem R-R durch Auspuffgase erfüllt ist.

Auch Ziolkowsky³⁰⁾ meint, daß sich das Luftwiderstandsgesetz für hohe ($v > c$) am besten in Form einer Potenzreihe entwickeln läßt, die sich bei der Berechnung bei dem Gliede $a_3 v^3$ abbrechen läßt.

Auftriebskräfte bei hohen Geschwindigkeiten sind noch wenig untersucht. Einige Anhaltspunkte geben folgende Aeußerungen von L. Prandtl³¹⁾: . . . meine Rechnung bezieht sich auf die Umströmung von flachen Profilen mit geringem Auftrieb und stellt fest, daß man mit einem solchen Profil bei einer Strömung in kompressibler Flüssigkeit dieselbe Druckverteilung bekommt wie in inkompressibler Flüssigkeit bei einem anderen Profil, dessen Querdimensionen im Verhältnis

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

überhöht sind. Aus dieser Ueberlegung folgt u. a., daß man in der Nähe der Schallgeschwindigkeit viel leichter ein Abreißen der Strömung bekommt als bei den geringen Geschwindigkeiten . . . (siehe Schaubild Abb. 3). Danach läßt sich bei $v < c$ alles auf das zur Genüge durchforschte einfache Problem der sogen. zweidimensionalen Strömung zurückführen³²⁾.

Modellversuche bei solchen Geschwindigkeiten sind sehr schwierig; — denkbar sind folgende Versuche: in Wasser, Glycerin und anderen Medien, im Ueberdruckkanal und Katapultstart, welches letztere vom Verfasser, Ziolkowsky und Oberth vorgeschlagen wurde. Das K. W. J. für Strömungsforschung hat eine Anordnung zur Untersuchung bei $v < c$, $v = c$ und $v > c$.

4. Bauliche Grundlagen.

Die verschiedenartigsten Baustoffe des R-R müssen je nach Ort und Zweck als Dauerzustand die Temperatur des absoluten Nullpunktes und Temperaturen bis $2500^{\circ} + 3000^{\circ} \text{ C}$ und Druck von $30 + 50 \text{ atm}$. aushalten. Besonders schwer beansprucht sind natürlich die Baustoffe der Verbrennungskammern und Düsen. Im R-R-Bau unterscheidet man unbemannte und bemannte R-R — erstere nach der Bauart Goddard mit einer Blitzlichtladung zum Beschießen des dunklen Teiles der Mondoberfläche und Beobachten des Aufschlages durch Fernrohre, und der Bauart Hoeffft, Oberth und Ziolkowsky als Registrierraketen mit selbstschreibenden Meßgeräten, letztere nach

³⁰⁾ Briefliche Mitteilung vom 11. Mai 1927.

³¹⁾ Nach freundlichster brieflicher Mitteilung des K.W.J.f. Strömungsforschung Göttingen vom 15. Dez. 1926.

³²⁾ Siehe auch Albert Betz: „Einführung in die Theorie der Flugzeug-Tragflügel“, „Die Naturwissenschaften“, 6. Jahrg., Nr. 38, u. Nr. 39, S. 557/552 u. 573/578.

den Bauarten Oberth und Ziolkowsky zur Mitnahme von Fluggästen. Weiter unterscheidet man solche mit festen (pulverförmigen) Brennstoffen — nach Goddard nur für kleine unbemannte Apparate, und solche mit flüssigen — nach der Bauart aller anderen Forscher. Letztere werden eingeteilt in solche mit einer Verbrennungskammer und Düse (Ziolkowsky, Zander) und mehreren „Ofen“ (von Oberth). Oberth entwickelte das Mehrfach- oder Stufen-Reaktionsraumschiff, bei dem zwei oder mehrere Raketen hintereinandergekoppelt werden, welche nach Verbrauch ihres Brennstoffes entkoppelt und selbsttätig durch Fallschirm herabgelassen werden. Die Frage des beflügelten R-R soll unerörtert bleiben, da seine Wirkungsweise rechnerisch noch nicht erfaßt ist und sein Befürworter (Zander, Moskau) noch keine Unterlagen veröffentlicht hat. Den Hauptbauarten Oberth, Oberth-Valier und Ziolkowsky ist das Merkmal gemein, daß die nötige Biegungsfestigkeit wie bei Prallluftschiffen (Parseval) durch Innendruck erzeugt wird.

Das R-R Bauart Ziolkowsky (Abb. 4) besteht aus einem spindelförmigen Stahlblechgehäuse mit Doppelwand mit dazwischenliegendem Vakuum (Thermos-Prinzip). Die großen Brennstoffbehälter sind um die einzige große zentrale Verbrennungskammer mit schwach konischer (Öffnungswinkel $8 \div 10^\circ$) Düse gelagert. Die Brennstoffe, welche die Temperatur des absoluten Nullpunktes haben, werden mittels Pumpen (Ziolkowsky schlägt die sehr einfachen Strahlpumpen vor) in die Verbrennungskammer getrieben und durch elektrische Glühstäbe gezündet. Die Steuerung erfolgt mittels eines im Gasstrom gelegenen Ruders oder durch Verschiebung von Massen (Ziolkowsky'sche Massensteuerung = Schwerpunktverschiebung). Die Massen werden mittels elektrisch gesteuerter Servomotoren bewegt. Das Auslösen der Steuerströme erfolgt mittels Steuerperiskope, welche die Lichtstrahlen der Peil-Sonnen oder -Sterne auf Selenzellen leiten.

Das Oberth'sche Zweifach-R-R ist schematisch in Abb. 5 dargestellt. Hier gelangt der Brennstoff durch eine Mehrzahl von Zerstäuberdüsen in die Verbrennungskammer („Ofen“) und von da durch lavalähnliche Düsen in den Raum. Die „untere“ Rakete arbeitet mit Alkohol, Wasser und Sauerstoff, die „obere“ mit reinem H und O. Als Baustoffe wählt Oberth für die Alkoholrakete eine Aluminiumlegierung (spez. Geg. 3, Zugfestigkeit $30-32 \text{ kg/mm}^2$), für den Sauerstoffbehälter eine Auskleidung von Kupfer und Blei und für die H O-Rakete Blei, Kupfer und weiches Eisen. Die Steuerung erfolgt durch

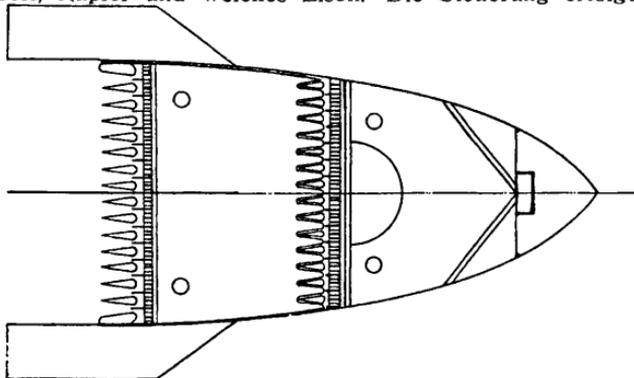


Abb. 5. Schema des Reaktionsraumschiffes von H. Oberth.

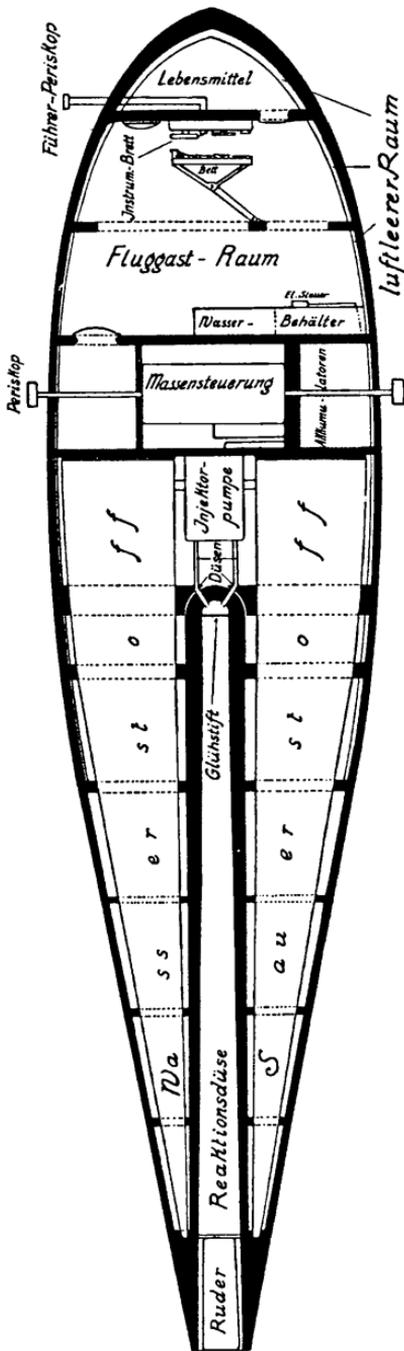


Abb. 4. Schema des Reaktionsraumschiffes von K. E. Ziolkowsky.

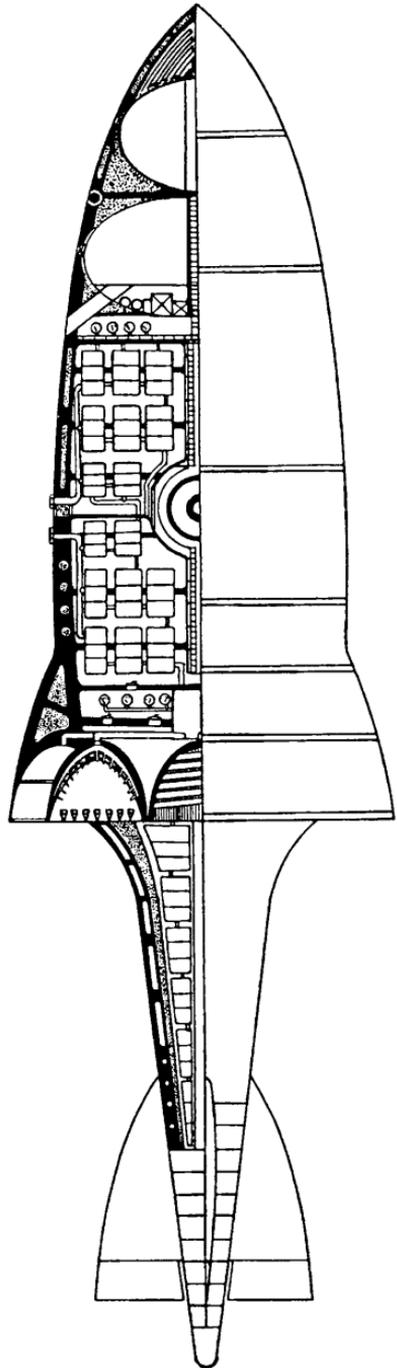


Abb. 6. Schema des Reaktionsraumschiffes, Bauart Oberth-Vallier.

Flossen und Brennstoffregelung; unbemannte Registrierraketen werden durch selbsttätige Geräte gesteuert.

Eine Abart des Oberth'schen R-R ist die Bauart Oberth-Valier (Abb. 6), bei dem die „Ofen“ (Abb. 7) mittschiffs im Kreise um das Achterstück mit dem Leitwerk angeordnet sind und etwa 80 v. % der Hauptspanfläche bedecken. Man bemerkt von vorne nach hinten: die aufklappbare Spitze mit Fallschirm, an welchem die zwei linsenförmigen Fluggasträume befestigt sind, den Mittelgang und die großen Brennstoffbehälter, die acht „Ofen“ und das Schwanzstück mit eingebauten weiteren Brennstoffbehältern und angebautem Leitwerk. Am „Ofen“ (Bauart Oberth-Valier, Abb. 7) sieht man das Rohrsystem der Brennstoffzuleitung, die Wabendüsen und Kühlungsrohre, welche den Ofenmantel schützen.

Zusammenfassung.

Das Reaktionsraumschiff ist z. Zt. das einzige Gerät zum Vorstoß in den Weltenraum. Die Zeit ist reif, und psychische und physische Voraussetzungen sind da, um an die praktische Verwirklichung zu denken. Die Entwicklungsgeschichte ist noch jung. Prinzipiell ist

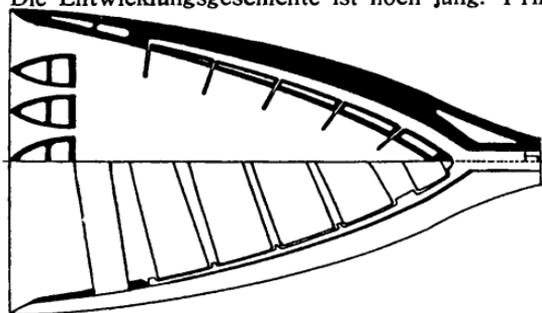


Abb. 7. Schema des „Ofens“ Bauart Oberth-Valier.

das R-R möglich; seine dynamische Theorie „schon mehr eigentlich kein Problem“ (R. v. Mises), die Luftwiderstandsfragen, ebenso die der Baustoffe und des konstruktiven Aufbaues noch nicht gänzlich gelöst. Die Hauptbauarten Oberth, Goddard, Ziolkowsky sind schon in allen Einzelheiten ausgearbeitet, die praktische Verwirklichung eine reine Geldfrage. Das R-R wird erbaut werden, weil es die Wissenschaft und das wachsende Erkenntnisbedürfnis des Menschen fordern.

Nachtrag.

Dem Aufsatz möchte ich folgende kurze Bemerkungen zufügen:

1. Dr. Franz Hoeffft, Wien, baut z. Zt. das erste Registrier-R-R-Modell mit selbstschreibenden Meßgeräten. Länge: 1,2 m, Durchmesser: 0,3 m, also Schlankheit $\lambda = L : D = 4$. $M = 30$ kg, $m_{aa} = 22$ kg, $m_r = 8$ kg d. h. $q = 2,75$. Steighöhe $h = 100$ km. Brennstoff: H + O. Fallschirmrandung.

2. Prof. K. E. Ziolkowsky macht z. Zt. erste Modellversuche. Die Ergebnisse erscheinen in Buchform voraussichtlich Frühjahr oder Sommer 1928.

3. Dr.-Ing. Rossmann, Assistent von Prof. Czanz, hielt an der T. H. Berlin-Charlottenburg einen Seminarvortrag über das R-R-Problem. Vortragender bemängelte die Arbeiten von Goddard, Oberth und Ziolkowsky. Es ist auch tatsächlich das Luftwiderstandsproblem noch nicht einwandfrei gelöst. An der Integration der Bewegungsgleichungen des R-R mit Luftwiderstand arbei-

tet nach freundlichster Mitteilung von Prof. H. Reissner z. Zt. auch Prof. G. Hamel.

4. Prof. H. Oberth schrieb mir (29. Dez. 1926): „Ihre Idee, die Versuchsmodelle mit Katapulten zu schleudern, gefällt mir sehr gut. Ihre Versuchsergebnisse an kleinen Modellen in dichter Luft wird man zwar nicht unbedenklich auf große Maschinen im luftverdünnten Raume anwenden dürfen. Besser als nichts sind solche Anhaltspunkte doch.“ Dasselbst betont H. Oberth, daß Theorie und Bau eines R-R weit leichter als eines Reaktionsflugzeuges ist.

5. Dasselbst steht weiter: „Zur Frage: „Umweg über das Rückstoßflugzeug“ möchte ich soviel sagen: Ich habe selbst die Theorie des Rückstoßflugzeuges für Herrn Valier ausgearbeitet.“

6. Der von Herrn M. Valier geplante Einbau von Raketenmotoren in den Junkers G-24-Eindecker und ein neues Leichtflugzeug (gemeint ist der 20 PS-Klemm-Daimler-Tiefdecker) ist wissenschaftlich ein Unding. Jeder Geschwindigkeit ist eine bestimmte optimale Flügelschnitt- und -Umrißform zugeordnet, welche für Uberschallgeschwindigkeiten erst besonders untersucht werden muß.

7. Die große Untersuchung von R. H. Goddard ist von Herrn cand. math. et astro R. Lademann, Berlin, in extenso verdeutscht worden.



Inland.

Aenderung der Ausschreibung des „Deutschen Dauer- und Strecken-Leistungs-Preises“. Folgende Aenderung in der Ausschreibung zum deutschen Dauer- und Strecken-Leistungs-Preis ist vom Deutschen Lufltrat genehmigt:

Der 4. Absatz unter „Nennung“ ist zu streichen und wie folgt zu ersetzen: Die Nennung hat für 10 Tage Gültigkeit. Während dieser Frist kann eine Verlängerung um weitere 10 Tage angemeldet werden, ohne daß ein besonderes Nenngeld zu zahlen ist. Nach Ablauf dieser Frist muß von neuem Nenngeld bezahlt werden. Alsdann kann abermals eine Verlängerung erfolgen.

Berlin, den 26. September 1927.

Deutscher Luftfahrerverband e. V. Dominicus.
Aero-Club von Deutschland. v. Tschudi.

Offizielle Mitteilungen des Deutschen Modell- und Segelflugverbandes.

Die dem Deutschen Modell- und Segelflugverband angeschlossenen Vereine werden ersucht, Adressenänderungen umgehend an die Geschäftsstelle Hamburg 11, Stubbenhuk 10, mitzutellen.

Neu aufgenommen ist die Interessengemeinschaft für Segelflug, München-Gladbach.

Die „Internationale Luftfahrtausstellung Berlin 1928“ (Ila 1928) sollte ursprünglich im Frühjahr des kommenden Jahres abgehalten werden. Es hat sich jedoch bei den bisherigen Vorbereitungsarbeiten herausgestellt, daß dieser Termin zu kurz ist, um eine wirklich lückenlose Beschickung von seiten des Auslandes sicherzustellen.

Der Reichsverband der Deutschen Luftfahrt-Industrie hat nach eingehender Prüfung deshalb beschlossen, die Ila 1928 in der Zeit vom 7. Oktober bis 28. Oktober 1928 in den Ausstellungshallen am Kaiserdamm in Charlottenburg stattfinden zu lassen.

Die geplante Organisation für die Ausstellung bleibt dieselbe, wie ursprünglich vorgesehen. Um die ungeheure Menge der zur Ausstellung gelangenden Fabri-