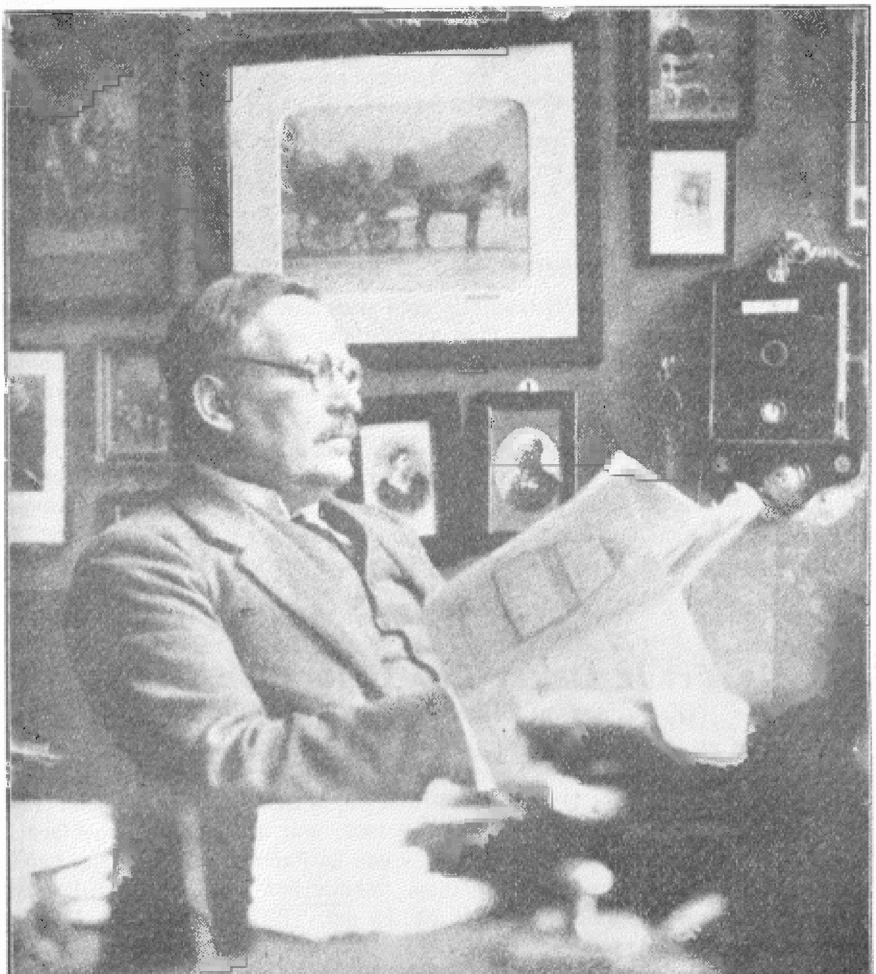
Die Rakete

Zeitschrift des Vereins für Raumschiffahrt E.V., Breslau



Dr. Franz Oskar Leo Edler von Hoefft

(Text siehe umseitig)

Breslau 15. November 1927

INHALT:

Bekanntmachung.

Hierdurch geben wir bekannt, daß die Herren **Professor Hermann Oberth, Mediasch** und **Dr. Ing. Walter Hohmann, Essen,** gemäß § 7 Abs. 2 unserer Satzungen in den Vorstand des Vereins für Raumschiffahrt E. V. gewählt worden sind.

Breslau, den 7. November 1927.

Der Vorstand des Vereins für Raumschiffahrt E. V.
Winkler.

An unsere verehrten Leser.

Das Interesse für den Weltraumflug geht weit über die Fachwelt hinaus, und wenn das erste Raumschiff für den Flug zum Monde starten wird, dürfte es kaum einen denkenden Menschen auf dem ganzen Erdball geben, der nicht mit Spannung die Nachrichten über den kühnen Flug verfolgen würde. Dies mögen unsere verehrten Leser bedenken, denen die Rakete zuweilen zu populär erscheinen will. Die Nichtfachleute, besonders unsere verehrten Damen, hingegen mögen es uns verzeihen, wenn ihnen manchmal der mathematischen Formeln zu viel werden. Wir gehen von dem Grundsatz aus: „Wer vieles bringt, wird allen etwas bringen" und über allem steht der mächtige Wille, möglichst weite Kreise für unsere Idee zu gewinnen. In dem Maße als dies gelingt, werden wir unserem Ziele näher kommen.

Dr. Franz Oskar Leo Edler von Hoefft.

(Zu unserem Bilde auf der ersten Seite.)

Geboren zu Wien am 5. April 1882. Absolvierte Gymnasium und Oberrealschule in Wien 1900, studierte Chemie 3 Semester an der Technischen Hochschule Wien, 1 Semester an der Universität Göttingen, 6 Semester an der Universität Wien mit der Promotion zum Dr. phil. Juli 1907, war als Hochofeningenieur im Eisenwerk Donawitz, bei der Vacuum Oil Cy und im Patentamt Wien tätig, endlich als freier Forscher und Schriftsteller in Wien. Machte den Weltkrieg als Rittmeister im österreichischen Dragoner-Regiment Nr. 15 mit. Befaßte sich seit 1891 mit Weltraumfahrtproblemen und wurde durch Oberths Buch zu den ersten Veröffentlichungen darüber ermutigt, die schließlich zur Gründung der Gesellschaft für Höhenforschung in Wien führten, um eigene Entwürfe zu fördern, die sich vor allem auf Raumschiffe, welche Photographen-Apparate über unbekannte Länder oder Post über den Ozean tragen, beziehen, wie Hoefft schon auf dem Naturforscher-Kongreß in Innsbruck 1924 ausführte.

Nomographische Tafeln zur Raumschiffahrt.

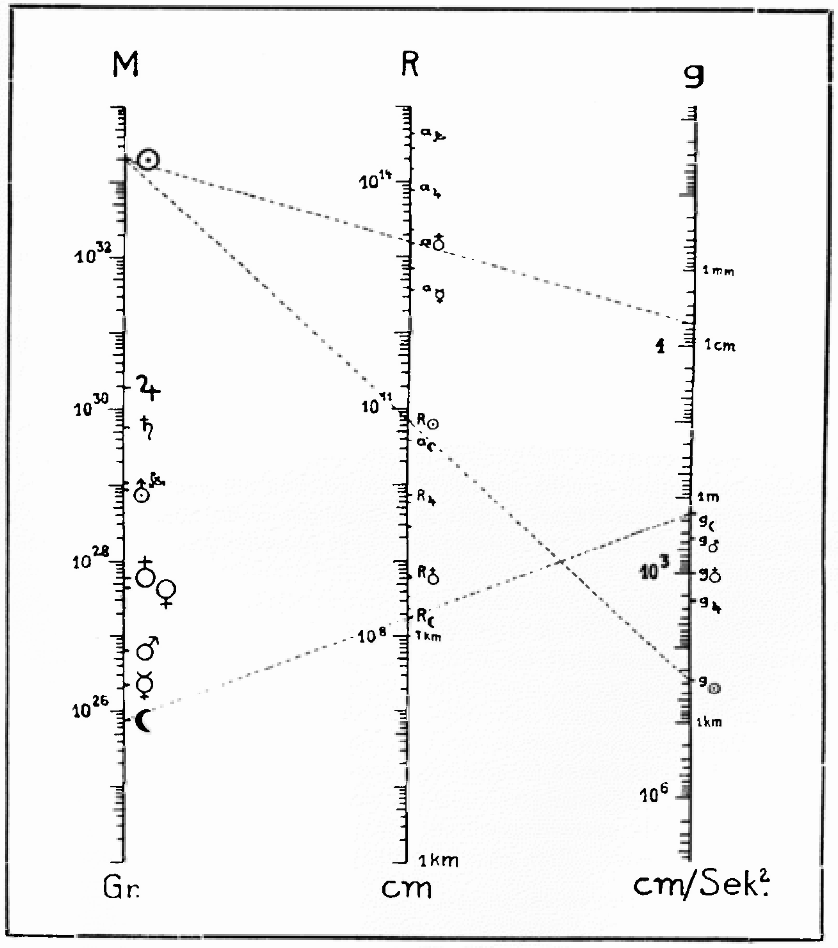
Beschleunigung durch die Schwere.

Die Schwerkraft, für die wir bisher noch keine befriedigende Erklärung haben, kennen wir sehr genau bezüglich ihrer Größe. Die Beschleunigung durch die Schwere ist proportional der Masse und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung. Der mathematische Ausdruck für die Beschleunigung durch die Schwere ist

$$g = \frac{G\,M}{R^2}$$

wo M die Masse, R die Entfernung vom Anziehungszentrum und G die Gravitations-Konstante bedeutet (im CGS-System $= 6{,}68 \cdot 10^{-8}$).

Nachstehend ist eine nomographische Tafel gezeichnet, welche in einem bestimmten Bereich für ein beliebiges Gravitationszentrum und für jede Entfernung von demselben die Beschleunigung durch die Schwere direkt abzulesen gestattet. Einige wichtige Oberflächenwerte für g sind eingezeichnet. Man findet eine der Größen M, R und g, indem man einen Faden so über das Blatt spannt, daß er durch die beiden gegebenen Werte hindurchgeht. Der Schnittpunkt mit der dritten Senkrechten liefert dann den gesuchten Wert.



Ist die Weltraumfahrt möglich?

Von Prof. H. Oberth.

Herr Geheimrat Lorenz, Danzig, versuchte in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure am 7. Mai 1927 die Unmöglichkeit der Weltraumfahrt darzutun. Ich halte mich nun für verpflichtet, zu zeigen, daß die hier geäußerten Bedenken jedenfalls unbegründet sind.

Ich habe zunächst den Eindruck bekommen, daß Lorenz die Bücher von Goddard[1]), Hohmann[2]) und mir[3]) nur flüchtig durchblättert, aber nicht eigentlich gelesen hat. Andernfalls hätte er doch wenigstens erwähnen müssen, daß Hohmann und ich gar nicht daran denken, das Raumschiff bei der Rückkehr mit Hilfe des Rückstoßes zu bremsen. Wir streben vielmehr danach, das Raumschiff solle auf einer Kegelschnittlinie niedergehen, deren tiefster Punkt in die Erdatmosphäre taucht, hier wird dann seine Geschwindigkeit durch den Luftwiderstand allmählich abgebremst. Wie das im einzelnen zu machen ist, das zu beschreiben würde hier zu weit führen. Ich werde in der 3. Auflage meines Raketenbuches ausführlich darüber sprechen. — Die Beobachtungsdaten, die wir heute noch nicht haben, die wir aber bei der Durchführung dieses Planes kennen müssen (Erwärmung des Raumschiffes durch die Reibung an der Luft, aerodynamischer Auftrieb in verdünnter Luft bei Überschallgeschwindigkeiten u. a.), erforschen wir vorher durch Registrierraketen und durch Fahrten mit Flugzeugen, die statt von Luftschrauben von Raketendüsen vorwärtsgeschoben werden.

Weiter schreibt Lorenz darüber, daß die Anfangsmasse der Rakete 34—582mal schwerer sein müßte als die Endmasse, einfach: „Auch diese Werte schließen die Verwirklichung völlig aus." Dabei gibt er aber nicht an, warum er das denn glaubt.

Nun lassen sich z. B. nach Goddard mit Leichtigkeit Endmassen erreichen, die kaum noch Zehntausendstel der Anfangsmasse ausmachen. Goddard packt nämlich den Sprengstoff in Patronen, die von einem automatischen Wiederladungsmechanismus, ähnlich dem bei Maschinengewehren, in die Düse gebracht und freigeschossen werden. Dabei kann das Gewicht dieses Wiederladungsmechanismus, der zuletzt mit der Düse allein übrig bleibt, natürlich wesentlich geringer sein als das Gewicht der mitgeführten Sprengstoffe. Schließlich stellt Goddard noch auf die erste Rakete eine zweite, kleinere, mit entsprechend leichterem Treibapparat. Wenn nun die Brennstoffe der unteren Rakete verbraucht sind, dann hat sie ihre größte Geschwindigkeit erreicht, sodann fällt sie ab, und die obere Rakete arbeitet allein weiter. Auf diese Rakete könnte man dann eine dritte, noch kleinere stellen, dies ist aber bereits nicht mehr nötig, um dem Anziehungsbereich der Erde zu entrinnen[1]).

Ich selbst möchte als Treibstoff eine Zusammenstellung von flüssigem Sauerstoff und brennbaren Flüssigkeiten verwenden. Der Sauerstoff wird vor dem Verbrennen vergast und auf die Entflammungstemperatur des Brennstoffes gebracht. (Ähnlich wie bei der Gasturbine der Société Anonyme des turbomoteurs in Paris. Es ist mir übrigens auch nicht recht verständlich, warum Lorenz Brennstoffe und Verbrennungsvorgänge, die man schon seit lange erprobt hat, „hypothetisch" nennt.) Dabei kann ich allerdings aus Festigkeitsgründen in die Behälter der unteren Rakete höchstens zehnmal so viel Treibstoffe füllen, als das Leergewicht dieser Rakete ausmachen würde. Bei den folgenden Raketen wird dieses Verhältnis etwas besser. Eine einzelne Rakete könnte also noch nicht aus dem

[1]) A method of reaching extreme altitudes. (Washington, Smithsonian Institution.)
[2]) Die Erreichbarkeit der Himmelskörper. (Oldenbourg, München.)
[3]) Die Rakete zu den Planetenräumen. (Oldenbourg, München.)

Anziehungsbereich der Erde herausdringen. Aber nun brauche ich bloß, wie es auch Goddard getan hat, mehrere Raketen übereinander zu stellen, deren Vollgewichte in geometrischer Progression abnehmen, so daß z. B. das Vollgewicht der zweiten und dritten zusammen so groß ist, wie das Leergewicht der ersten, und das Vollgewicht von Nr. 3 so groß, als das Leergewicht der zweiten usw. Dann beginnt die zweite Rakete also ihre Arbeit bei der Geschwindigkeit, mit welcher die erste aufgehört hat zu arbeiten usw. Wenn nun die erste Rakete die Geschwindigkeit des Apparates bis auf 5 km/Sek. gebracht hat, so vermehrt die zweite die Geschwindigkeit des noch übrigbleibenden Teiles um weitere 5 km usw. (Diese Aufstellung ist natürlich schematisiert. In Wirklichkeit erteilt die unterste Rakete dem Ganzen aus Gründen, die ich nur in meinem Buch weiter ausführen kann, eine Geschwindigkeit von 4 km/Sek., jede folgende erhöht diese dann noch um weitere 7 km/Sek.) Auf diese Weise kann man also zu kosmischen Geschwindigkeiten kommen, ohne eine einzige Rakete zu bauen, die 34mal so viel Brennstoffe mitnehmen müßte, als sie selbst schwer ist. Falls Lorenz mein Buch gelesen hätte, so hätte er auf diesen wichtigen Punkt mindestens eingehen müssen, bevor er die Durchführbarkeit der Maschine im Hinblick auf dies Massenverhältnis bestreitet.

Ein solcher Apparat leistet so viel, wie eine einzige Rakete leisten würde, deren Massenverhältnis so groß wäre, wie die Zahl, die man bekommt, wenn man die Massenverhältnisse der einzelnen übereinander stehenden Raketen (das Leergewicht vermehrt um das Vollgewicht der folgenden) miteinander multiplizieren würde. Bezeichnen wir nämlich mit dv_x den Geschwindigkeitszuwachs, den der Apparat beim Ausströmen der Masse dm im luft- und schwerefreien Raum erhalten würde, mit dt die Zeit, während welcher diese Masse ausströmt, mit c die Ausströmungsgeschwindigkeit, mit m die Raketenmasse und mit P die Kraft des Rückstoßes, so ist nach dem Impulssatz:

$$P \cdot dt = m \cdot dv_x = -c \cdot dm \qquad (1)$$

Daraus folgt dann durch Integration

$$v_x = c \cdot \ln \frac{m_0}{m_1} \qquad (1a)$$

v_x bedeutet dabei die „ideale Geschwindigkeit", das ist die Geschwindigkeit, die die Rakete erhalten würde, wenn sie in gerader Richtung fahren und weder durch Luftwiderstand noch durch Schwere gebremst würde.

Haben wir nun z. B. zwei Raketen, deren Massen wir mit $\mathfrak{M}$ und m bezeichnen wollen, und wäre m die Masse einer ungeteilten Rakete, die bei derselben Auspuffgeschwindigkeit dieselbe Endgeschwindigkeit erreichen soll, wie diese Doppelrakete, so ist offenbar: $\mathfrak{V}_x = c \cdot \ln \frac{\mathfrak{M}_0 + m_0}{\mathfrak{M}_1 + m_0}$ der ideale Geschwindigkeitszuwachs der ersten Rakete. Der ideale Geschwindigkeitszuwachs der zweiten Rakete wäre: $\mathfrak{v}_x = c \cdot \ln \frac{m_0}{m_1}$ und die ideale Geschwindigkeit (der ideale Antrieb) des ganzen Apparates wäre:

$$v_x = c \cdot \ln \frac{m_0}{m_1} = \mathfrak{V}_x + \mathfrak{v}_x = c \cdot \left(\ln \frac{\mathfrak{M}_0 + m_0}{\mathfrak{M}_1 + m_0} + \ln \frac{m_0}{m_1} \right)$$

Daraus folgt dann: $\ln \frac{m_0}{m_1} = \ln \frac{\mathfrak{M}_0 + m_0}{\mathfrak{M}_1 + m_0} + \ln \frac{m_0}{m_1}$

das heißt:

$$\frac{m_0}{m_1} = \frac{\mathfrak{M}_0 + m_0}{\mathfrak{M}_1 + m_0} \cdot \frac{m_0}{m_1} \qquad (2)$$

Bei drei Raketen würde man durch dieselbe Überlegung erhalten:

$$\frac{\mathfrak{m}_0}{\mathfrak{m}_1} = \frac{\mathfrak{M}_0 + \mathfrak{m}_0 + \mu_0}{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{m}_0 + \mu_0} \cdot \frac{\mathfrak{m}_0 + \mu_0}{\mathfrak{m}_1 + \mu_0} \cdot \frac{\mu_0}{\mu_1}$$

Wenn $\mathfrak{m}_1 = \mathfrak{m}_1$, so muß hier natürlich $\mathfrak{M}_0 + \mathfrak{m}_0 > \mathfrak{m}_1$. Soll z. B. $\mathfrak{m}_0 = 25\ \mathfrak{m}_1$ sein, so ist $\mathfrak{M}_0 + \mathfrak{m}_0 \backsim 50\ \mathfrak{m}_1$. Bei Dreiteilung bleibt kaum $^1/_{1000}$ der Anfangsmasse übrig. Es macht also tatsächlich nur ein kleiner Bruchteil der Anfangsmasse die ganze Fahrt mit, aber **unmöglich** ist der Apparat trotzdem nicht. Er schwimmt vor dem Aufstieg auf einer Wasserfläche, und es hindert uns nichts daran, ihn 7 m dick und 17 m lang bzw. 20 m dick und 35 m lang zu bauen. Die Beobachtungskammer selbst dagegen braucht ja nicht schwerer als 2—3000 kg zu sein. Man hat ja noch viel größere Schiffe, U-Boote und Trockendocks gebaut.

Gegen den Lorenz'schen Aufsatz habe ich nun besonders noch folgendes einzuwenden. Wenn man theoretisch die Undurchführbarkeit einer Maschine beweisen will, so muß man zeigen, daß sie unter **günstigen** oder wenigstens unter **normalen** Voraussetzungen die erwarteten Leistungen nicht vollbringen kann. Sonst ist der Beweis nicht zwingend. **Lorenz denkt nun aber an Aufstiegsbedingungen, die weit ungünstiger sind** als die tatsächlichen.

a) Lorenz macht zunächst die Annahme, das Raumschiff würde senkrecht aufsteigen. Dies trifft nicht zu (vgl. „Die Rakete zu den Planetenräumen" S. 46, 47 oder Ziolkowski: „Eine Rakete zum kosmischen Raum"). Ich würde wohl anfangs in einem ziemlich steilen Winkel (zwischen 50° und 90°) aufsteigen, um rasch aus den dichtesten Luftschichten herauszukommen. Dann aber würde ich dem Raumschiff nur noch eine wagerechte Beschleunigung erteilen und die Düse dabei nur so weit nach unten senken, daß durch die Aufwärtskomponente der Beschleunigung die Fallbeschleunigung aufgehoben wird. (Vgl. *Fig. 1.*)

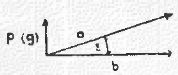


Fig. 1

Bei Beschleunigung eines Fahrzeuges werden die Insassen bekanntlich an die rückwärtige Wand gepreßt. Hohe Beschleunigungen haben daher dieselbe Wirkung, als ob die Insassen schwerer würden. Ich nannte diese Erscheinung „Andruck". Ist nun a die höchste Totalbeschleunigung (der höchste Andruck), den ich den Insassen zumuten will, so ist die Resultante zwischen der wirklichen Beschleunigung b und der Erdanziehung g nach dem Beschleunigungsparallelogramm *(Fig. 2)* bei senkrechtem Aufstieg:

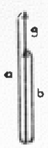


Fig. 2

$$b = a - g \qquad (3)$$

Bei wagerechter Anfahrt dagegen ist *(Fig. 1)*

$$b = \sqrt{a^2 - g^2} > a - g \qquad (4)$$

Nun gewinnt zwar das Raumschiff bei senkrechter Anfahrt mehr potentielle Energie, dafür kommt es aber bei wagerechter Anfahrt bei demselben Substanzverlust schneller auf hohe Geschwindigkeiten. Das ist ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Der Substanzverlust hängt nämlich nur von der Kraft des Rückstoßes, von der Auspuffgeschwindigkeit und von der Brenndauer ab. Nach dem Impulssatz ist nämlich

$$|\,P \cdot dt\,| = |\,c \cdot dm\,| \qquad (5)$$

Der Arbeitsgewinn dagegen beträgt (s: zurückgelegter Weg):

$$dA = P \cdot \cos\alpha \cdot ds = P \cdot \cos\alpha \cdot v \cdot dt \qquad (6)$$

(α soll dabei der Winkel zwischen der Fahrtrichtung und der Kraftrichtung sein.) Aus (5) und (6) folgt:

$$\left|\frac{dA}{dm}\right| = v \cdot c \cdot \cos\alpha \qquad (7)$$

Daraus folgt unter anderem: Je schneller die Rakete fährt, um so mehr Arbeit leistet ein ausgestoßenes Massenteilchen an der Rakete. Wenn wir also so fahren, daß wir rasch auf hohe Geschwindigkeiten kommen, so werden die Brennstoffe besser ausgenutzt und wir brauchen daher weniger. Dabei kann gegen Ende die Arbeitsleistung eines Kilogramms Brennstoff an der Rakete größer sein, als die ihm innewohnende thermisch-chemische Energie. Das liegt daran, daß die Brennstoffe auf einer schnell fahrenden Rakete auch eine beträchtliche kinetische Energie enthalten, die durch das Rückwärtsströmen zum Teil vernichtet wird, und daher der Rakete zugute kommen muß.

b) Der höchste Andruck a, den Lorenz einem Menschen zumutet, ist 20 m/Sek.² Ich habe nun gerade diese Frage seit ungefähr 20 Jahren eingehend untersucht (z. B. an der Wirkung plötzlicher Geschwindigkeitsänderungen und scharfer Kurven) und habe einen Teil meiner Beobachtungen im 6., 13. und 14. Kapitel meines Buches niedergelegt. Es geht daraus mit jeder nur wünschenswerten Sicherheit hervor, daß der Mensch bei einigem Training (z. B. auf einem schnell fahrenden Karussel) einen Andruck von 30 bis 40 m/Sek.² ohne Schaden verträgt. Einzelne Personen scheinen sogar das zwei- bis fünffache dieses Wertes noch zu vertragen.

c) Aber selbst wenn man einem Menschen nur 20 m/Sek.² zumuten dürfte, und selbst wenn man senkrecht aufsteigen wollte, so wären die Lorenzschen Berechnungen immer noch viel zu ungünstig angesetzt. Lorenz setzt einfach die tatsächliche Aufwärtsbeschleunigung stets der Fallbeschleunigung gleich. Nach seinem Ansatz z. B. wäre in 7000 km Höhe die tatsächliche Beschleunigung $b = g = 2{,}50$ m/Sek.² Dagegen ist zu sagen:

Es wäre hier b nicht gleich g, sondern $b = 20 - g = 17{,}50$ m/Sek.² zu setzen. Man könnte hier also $b = 7g$ machen. Bei senkrechtem Aufstieg ist nun nach (1) und (3):

$$\frac{P}{m} = \frac{dv_x}{dt} = c \cdot \frac{d}{dt}\left(\ln \frac{m_0}{m_1}\right) = b + g$$

Je größer nun b im Vergleich zu g wird, desto mehr nähert sich die Geschwindigkeit

$$v = \int b \cdot dt \text{ dem Werte } \int \frac{dv_x}{dt} \cdot dt = v_x$$

Ich brauche hier wohl nicht auszuführen, was das bedeutet, wenn man den Zuwachs einer logarithmischen Funktion durch 2 dividieren darf.

Die Lorenzschen Ansätze sind also nicht zu brauchen, denn sie tragen den tatsächlichen Verhältnissen nicht Rechnung. Wie ungünstig sie sind, das erkennen wir wenn wir die hier gefundenen Zahlen mit Zahlen vergleichen, die wir aus einem mehr der Wirklichkeit entsprechenden Ansatz erhalten.

1. Wir denken uns ein Raumschiff in gerader Linie unter einem Winkel von 60° zur Horizontalen aufsteigend. Die Raketenachse soll dabei etwas steiler stehen, damit durch den Rückstoß und den aerodynamischen Auftrieb die Schwerebeschleunigung g kompensiert wird, so daß die tatsächliche Beschleunigung in einem Winkel von 60° wirkt. Im luftleeren Raum müßte die Achse (vergleiche *Fig. 3)* unter 68,25° geneigt sein. In der Luft kommt infolge des Winkels der Achse zur Fahrtrichtung noch ein aerodynamischer Auftrieb zustande, die Neigung könnte daher etwas geringer sein (durchschnittlich 64°). Die Rakete soll also auf dieser Bahn mit einer virtuellen Beschleunigung (unter einem Andruck) von 35 m/Sek.² aufsteigen. Die tatsächliche Beschleunigung findet man dann nach dem Beschleunigungsparallelogramm zwischen 29 und 31 m/Sek.² Wir wollen sie gleich

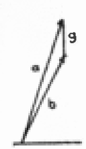


Fig. 3

30 m/Sek.² setzen. Das Raumschiff hat dann nach 50 Sek. in 32,5 km Höhe eine Totalgeschwindigkeit von 1500 m/Sek., deren Vertikalkomponente 1300 m/Sek. beträgt. Die horizontale Geschwindigkeit beträgt 1500 cos 60⁰ = 750 m/Sek. Wenn die Bahn nach Osten geneigt war, so kommt dazu in bezug auf den Erdmittelpunkt (den Raumschiffer interessiert hier natürlich nur die Geschwindigkeit in bezug auf den Erdmittelpunkt) noch die Geschwindigkeit des Aufstiegsortes infolge der Erddrehung, die in unseren Breiten rund 300 m/Sek. beträgt. Für diesen I. Teil der Fahrt gelten folgende Formeln:

$$P = \frac{dv_x}{dt} \cdot m = -c \cdot \frac{dm}{dt} = b \cdot m + g \cdot \sin 64^0 \cdot m + L \qquad (8)$$

Dabei ist L der Luftwiderstand. Es ist

$$L = F \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v^2 \qquad (9)$$

F bedeutet dabei den größten Querschnitt der Rakete, β die Luftdichte, v die Geschwindigkeit, γ die Widerstandsziffer. γ ist für Raketen bei Geschwindigkeiten unter 300 m/Sek. als konstant und mit $\frac{1}{40}$ [kg: $\left(\frac{m}{sec}\right)^3 \cdot$ Atm.] anzusetzen. Für Geschwindigkeiten über 410 m/Sek. beträgt $\gamma = \frac{1}{20}$. Das ist etwas weniger als bei ähnlich geformten Geschossen. Es entsteht nämlich hinter dem Geschoß ein luftverdünnter Raum, der das Geschoß zurückzusaugen sucht, während der Raum hinter der Rakete durch die Auspuffgase ausgefüllt ist. In der Nähe der Schallgeschwindigkeit kann man γ durch eine Funktion dritten Grades von v ausdrücken. Wenn man sich die Rechnung vereinfachen will, so setzt man für γ bis v = 340 m/Sek. den Unterschallwert, von da weiter den Überschallwert ein. Für die Luftdichte gilt ungefähr

$$\beta = \beta_0 \cdot e^{-\frac{h}{H}} \qquad (10)$$

Dabei ist β_0 die Luftdichte des Aufstiegsortes, e ist die Basis der natürlichen Logarithmen, H ist eine Konstante (rund 7400 m), h ist die Höhe des Raumschiffes über dem Aufsfiegsort. Da wir hier g und b innerhalb der Atmosphäre als nahezu konstant ansehen können, ist

$$h = \int v \cdot \sin 60^0 \cdot dt = \int \sin 60^0 \cdot b \cdot t \cdot dt \sim \tfrac{1}{2} \cdot b \cdot \sin 60^0 \cdot t^2 = 13\, t^2 \text{ m} \qquad (11)$$

(Ich beziffere hier die Formelgrößen schon vor der völligen Ausführung, um nicht so viele Buchstaben durch die Rechnung zu schleppen. Es liegt mir überhaupt nicht an einer exakten Rechnung, obwohl gerade die Raketentheorie bei exakter Ausführung auf Formen führt, die auch vom rein mathematischen Standpunkt aus interessant sind. Hierin wird sie, glaube ich, höchstens von der Astronomie übertroffen. Wer sich für die exakte Durchführung der Rechnungen interessiert, den muß ich auf die 3. Auflage meines Raketenbuches verweisen.)

Aus (8) bis (11) folgt

$$\frac{dm}{dt} + \frac{b + g \cdot \sin 64^0}{c} \cdot m + \frac{F \cdot \beta_0 \cdot b^2}{c} \cdot \gamma \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t^2}{570}} = 0 \qquad (12)$$

$b + g \cdot \sin 64^0$ ist weiter nichts, als die höchste zulässige Beschleunigung von 35 m/Sek.² Dies ist eine lineare Differentialgleichung; es folgt daraus

$$m = e^{-\frac{35 \cdot t}{c}} \cdot \left[m_0 - \frac{F \cdot \beta_0 \cdot b^2}{c} \cdot \int \gamma \cdot t^2 \cdot e^{\frac{35 \cdot t}{c} - \frac{t^2}{570}} \cdot dt \right] \qquad (12a)$$

Der Ausdruck unter dem Integralzeichen läßt sich hier leicht in Reihen entwickeln, übrigens läßt sich das Ganze auch auf das $\int e^{x^2} \cdot dx$ zurückführen, für welches Tabellen existieren. Man muß diese Formel zweimal anwenden. Zunächst mit dem Unterschallwert von γ und mit m_0 als Anfangsmasse von t = O bis $t = \frac{340}{30} = 11{,}3$ Sek., sodann mit dem hierbei erhaltenen Wert von m als

Anfangsmasse und dem Überschallwert von γ von t = 11,3 bis $t = \frac{1500}{30} = 50$.

Wenn wir die Auspuffgeschwindigkeit c = 4000 m/Sek. annehmen (so viel wird sich bei einem Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff erreichen lassen; an die Verwirklichung der von Lorenz angesetzten 4430 m/Sek. glaube ich nicht) und wenn wir den Querschnitt F so groß annehmen, daß die Querschnittbelastung $\frac{F}{m \cdot g} = 1{,}0$ kg/cm² beträgt, daß also $m_0 = F \cdot 10000$ kg, so finden wir das Massenverhältnis während dieses ersten Teiles der Fahrt $\frac{m_0}{m_2} = 10^{0{,}225} = 1{,}67$. Dem würde nach (1) eine ideale Geschwindigkeit von $v_x = 2050$ m/Sek. entsprechen.

2. Nun nehmen wir an, die Brennstoffe würden abgestellt. Dann steigt das Raumschiff unter dem Einfluß seiner vertikalen Geschwindigkeit noch 84,5 km höher. Es erreicht also den Scheitelpunkt seiner Bahn in 117 km Höhe, das ist praktisch im luftleeren Raum. Die Horizontalkomponente seiner Geschwindigkeit von 1050 m/Sek. besitzt es hier noch immer.

3. Nunmehr beginnt die eingangs beschriebene wagerechte Fahrt. Die Kraft p, die das Raumschiff nach abwärts zu ziehen sucht, ist gleich der Schwere vermindert um die Zentrifugalkraft

$$p = g_0 \cdot \frac{r_0^2}{r^2} - \frac{v^2}{r} \qquad (13)$$

Um dabei in gleicher Höhe zu bleiben, muß die Düse nach Fig. 1 soweit geneigt sein, daß $p = a \cdot \sin \varepsilon$. Da nun a = 35 m/Sek.² und p < 9,8 m/Sek.², so ist $\varepsilon = \arcsin \frac{p}{a} < 16{,}2^0$.

Weiter ist

$$a > b = a \cdot \cos \varepsilon > 35 \cdot \cos 16{,}2^0 = 33{,}5 \text{ m/Sek.}^2 \qquad (14)$$

Des fehlenden Luftwiderstandes wegen ist hier $\frac{dv_x}{dt} = a$; $v_x = a \cdot t$.

Die tatsächlich erreichte Geschwindigkeit ist $v = \int b \cdot dt > a \cdot t \cdot \cos 16{,}2^0$. Daraus folgt: $v_x < v \cdot \sec 16{,}2^0$.

Auf diese Weise erreicht das Raumschiff die zirkuläre Geschwindigkeit $v = \sqrt{g_0 \cdot \frac{r_0^2}{r}} = 7830$ m/Sek. Bei dieser Geschwindigkeit wird bekanntlich die Schwere durch die Fliehkraft gerade aufgehoben.

4. Bei noch weiterer Beschleunigung entfernt sich das Raumschiff infolge der Zentrifugalkraft von der Erde. Um nicht komplizierte Berechnungen ins Feld zu führen, kann man kurz sagen, die Wirkung ist dieselbe, als würde das Fahrzeug einen Berg hinauffahren. Man kann diese Wirkung praktisch vernachlässigen. Bis zur Erreichung der parabolischen Geschwindigkeit $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot r}$ (das ist die Geschwindigkeit, bei welcher ein Körper aus dem Schwerebereich der Erde hinausgeschleudert wird), muß nämlich der Rückstoß noch 92 Sek. lang wirken. In dieser Zeit legt das Raumschiff einen Weg von 866 km zurück. Die beiden vom Erdmittelpunkt nach dem Raumschiff gezogenen Fahrstrahlen würden einen Winkel von 7,8⁰ einschließen. Hätte eine Parabel an dem Orte, wo die zirkuläre Geschwindigkeit erreicht worden war, den Scheitelpunkt gehabt, so würde der Endpunkt des Parabelbogens 318 km höher liegen. Diese Differenz findet man aus der Parabelformel $r = \frac{2\, r_0}{1 + \cos \varphi}$, indem man für φ einmal O und einmal 7,8⁰ ansetzt. Man findet dann $\triangle\, h = \frac{2\, r_0}{1 + \cos O^0} - \frac{2\, r_0}{1 + \cos 7{,}8^0}$. Die Fahrtkurve, die das Raumschiff in Wirklichkeit beschreibt, schmiegt sich aber einem Kreis noch

enger an, als die Parabel, da infolge der anfangs geringeren Geschwindigkeit auch die das Raumschiff wegtreibende Zentrifugalkraft kleiner ist.

Durch diese Überführung geht an sich natürlich keine Arbeit verloren. Das kommt darin zum Ausdruck, daß in größerer Höhe die parabolische Geschwindigkeit geringer ist. Es ist indessen nach (7) dennoch ein Energieverlust da. Er ist aber, wie ich schon sagte, zu vernachlässigen. In 100 km Höhe wäre nämlich die parabolische Geschwindigkeit 11090 m/Sek. In 400 km Höhe dagegen nur noch 10820 m/Sek. Der Energiezuwachs ist also trotz des gleichen Brennstoffverlustes nach (7) in der letzten Sekunde nur 0,975 mal so groß, als wenn sich das Raumschiff nicht aus der Wagerechten erhoben hätte. Im ganzen ist der Unterschied natürlich noch geringer, denn 1. ist der Geschwindigkeitsunterschied erst zuletzt so groß, anfangs ist er noch gleich 0, 2. steigt das Raumschiff ja tatsächlich bis zur Erreichung der parabolischen Geschwindigkeit nicht so hoch, wenn richtig gelenkt wurde. Man kann diese geringen Unterschiede also in der Tat vernachlässigen.

Bei sehr kleinen Geschwindigkeitsänderungen ist der Arbeitszuwachs dem Geschwindigkeitszuwachs ungefähr proportional. Im ganzen stellt sich die Sache noch günstiger, denn die Geschwindigkeit wächst nur mit der Wurzel aus der kinetischen Energie. Wenn man ganz sicher gehen will, daß man nicht zu günstig geschätzt hat, dann kann man auf dieser Strecke v_x um 2—3% größer nehmen, als den Unterschied zwischen der zirkulären und der parabolischen Geschwindigkeit in 120 km Höhe.

Wenn wir also die parabolische Geschwindigkeit erreichen wollen, so ist auf dem unter 1 behandelten Teil der Strecke $v_{x1} = 2050$ m/Sek. Auf Strecke 2 ist $v_{x2} = 0$. Auf Strecke 3 ist $v_{x3} < 7830 \cdot \sec 16{,}2^0 = 8120$ m/Sek. Auf Strecke 4 endlich ist $v_{x4} < (11090 - 7830) \cdot \frac{1{,}00}{0{,}97} = 3340$ m/Sek. Das gibt zusammen $v_x < 13{,}5$ km/Sek.

Nach Lorenz dagegen wäre $dv_x = dv + g \cdot dt$, und da $\frac{dv}{dt} = g$ genommen wird, so wäre hier $dv_x = 2 \cdot dv$, $v_x = 2 \cdot v$. Soll nun das Raumschiff eine Geschwindigkeit von $v = 7830$ m/Sek. erreichen, so müßte hier $v_x = 15660$ m/Sek. sein (wobei der Luftwiderstand noch gar nicht berücksichtigt ist). Da nun aber nach (1a) v_x dem Logarithmus des Massenverhältnisses proportional ist, so heißt dies nicht mehr und nicht weniger, als daß wir einen Wert für das Massenverhältnis bekommen, der (unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes) immer noch zu groß ist, wenn wir die Logarithmen der Lorenz'schen Zahlen mit $\frac{13500}{15660} = 0{,}856$ multiplizieren.

Es kommt aber noch besser. Auch ich habe (besonders den ersten und zweiten Teil der Fahrt) ungünstig abgeschätzt. Ich durfte das tun, denn ich wollte nicht beweisen, daß die Sache unmöglich, sondern gerade, daß sie möglich ist. Zunächst braucht das Raumschiff nicht geradlinig unter einem Winkel von 60° aufzusteigen. Man kann es vielmehr unter einem schiefen Winkel ansteigen und dem Zug der Schwere frei folgen lassen, so daß durch die Schwerkraft die Bahn allmählich der Wagerechten näher gebracht wird, während die Düse immer in der Fahrtrichtung steht. Das bringt folgende Vorteile mit sich:

1. Die Bahn ist anfangs steiler, als ich annahm, das Raumschiff kommt also leichter durch die dichteren Luftschichten hindurch. Später wird die Bahn flacher und es kommt ein wesentlich größerer Teil des Rückstoßes der Beschleunigung zugute.

2. Der Winkel der Raketenachse mit der Wagerechten ist nur so groß wie der Fahrtwinkel. Er ist also bei demselben Fahrtwinkel etwas kleiner, als wenn eine geradlinige Bahn eingehalten werden müßte. Infolgedessen ist die tatsächliche Beschleunigung etwas größer.

3. Das Raumschiff erreicht die wagerechte Bahn bereits mit höherer Geschwindigkeit, die Zentrifugalkraft ist daher größer und der Winkel ε kleiner, woraus wieder eine bessere Ausnützung der Brennstoffe folgt.

Bei annähernd geradlinigem Aufstieg und konstanter Beschleunigung fällt die verzögernde Wirkung des Luftwiderstandes zwischen dem 7. und 12. Kilometer am stärksten ins Gewicht. Weiter unten fährt die Rakete noch zu langsam, weiter oben wird die Luft zu dünn. Wollte man das Raumschiff lediglich durch die Schwerkraft in die wagerechte Bahn ziehen lassen, so würde das zu lange dauern; das Raumschiff würde zu hoch steigen und nicht schnell genug auf hohe Geschwindigkeiten kommen. Nun bietet uns aber der Luftwiderstand selbst die Möglichkeit, die anfangs steil gerichtete Aufwärtsbewegung ohne weiteren Substanzverlust gegen die Wagerechte hin zu biegen. Bis zur Höhe von 12 km wird man steil aufsteigen und nur durch die Schwerkraft die Bahn etwas biegen lassen. **Von da weiter wird man aber die Raketenachse sogar flacher stellen, als der Fahrtwinkel ist.** Es entsteht in diesem Falle ein aerodynamischer Abtrieb, der bei richtiger Bauart des Raumschiffes 4—5mal so groß ist, als die hierdurch bedingte Erhöhung des Rücktriebes. Dabei kommt uns auch noch der Umstand zugute, daß die Stellung der Raketenachse der wahren Fahrtrichtung des Raumschiffes (also der resultierenden aus der scheinbaren Fahrtrichtung und der Erddrehung) näher kommt, daß also nach (7) die Brennstoffausnützung noch besser wird.

Ich kann die Auswirkung dieser Maßnahmen erst in der 3. Auflage meines Raketenbuches exakt mathematisch untersuchen. Wenn man die Sache rechnerisch verfolgt, so findet man, daß, abgesehen von der Erddrehung, aber einschließlich aller anderen Faktoren, der zur Erreichung der parabolischen Geschwindigkeit notwendige ideale Antrieb gleich 12200 m/Sek. ist; beim Aufstieg in unseren Breiten sind hiervon wegen der Erddrehung noch rund 300 m/Sek. abzuziehen; beim Aufstieg aus der heißen Zone dagegen 450—460 m/Sek. Es wäre in diesem Falle v_x nur noch gleich 11750 m/Sek. Wir können also die natürlichen Logarithmen der von Lorenz aufgestellten Massenverhältnisse durch $\frac{15660}{11750} = 1{,}34$ dividieren. Ich brauche wohl nicht weiter zu erklären, was das bei großen Zahlen bedeutet.

Bei hyperbolischen Geschwindigkeiten wird das Verhältnis zwischen idealem Antrieb und wirklicher Geschwindigkeit noch günstiger, wie ich unter 4 zeigte, da zuletzt der Geschwindigkeitszuwachs fast so groß ist wie der ideale Antrieb.

Nun einige Worte über die Bemerkungen bezüglich der **Fahrtdauer.** Wenn das Raumschiff mit der hyperbolischen Geschwindigkeit h abfährt, so besitzt es die kinetische Energie $K_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot h^2$. Wenn es sich aus dem Schwerebereich der Erde herausgehoben hat, so kommt hiervon eine gewisse Energiemenge K_2 in Abzug. Ist p die parabolische Geschwindigkeit, so ist bekanntlich $K_2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot p^2$. Da nun $K_1 > K_2$, so bleibt dem Raumschiff auch in der Unendlichkeit noch ein Rest an kinetischer Energie $K_3 = K_1 - K_2$ und eine Restgeschwindigkeit r, wobei $K_3 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$. Aus den eben aufgestellten Gleichungen folgt: $r = \sqrt{h^2 - p^2}$. Die tatsächliche Geschwindigkeit ist natürlich immer etwas größer als r, also $v > \sqrt{h^2 - p^2}$.

Erreicht z. B. das Raumschiff in einer Höhe, wo die parabolische Geschwindigkeit $p = 10500$ m/Sek. gewesen wäre, eine Geschwindigkeit von, sagen wir, 12 km/Sek., so wäre während der ganzen Fahrt $v > \sqrt{12^2 - 10{,}5^2} = 5860$ m/Sek.

Diese Geschwindigkeit reicht bei weitem hin, um in 2—3 Monaten die Venus oder in 4 Monaten den Mars zu erreichen, wie ich in der 3. Auflage meines Raketenbuches noch zeigen werde.

Der ideale Antrieb ist dabei um 700 m/Sek. größer als die Endgeschwindigkeit. Er wäre in diesem Falle 12 700 m/Sek. Also immer noch wesentlich kleiner, als die von Lorenz angegebenen Werte, und ungefähr von der Größenordnung, die wir aus unserem zu hoch gegriffenen Ansatz für die parabolische Geschwindigkeit fanden.

Da man vom fremden Weltkörper auch zurückkommen will, so muß man so viel Brennstoff mitnehmen, daß die Rakete auf dem fremden Weltkörper noch einmal aufsteigen kann (vorausgesetzt, daß man sich sie nicht, wie z. B. auf dem Mars, an Ort und Stelle herstellen kann). Um vom Mars zur Erde zu fahren, braucht man beispielsweise einen idealen Antrieb von 5 bis 7 km/Sek. Das ganze Raumschiff muß also einen idealen Antrieb von höchstens 20 km/Sek. aufbringen können. Hieraus würde nach (1a) bei einer Auspuffgeschwindigkeit von $c = 4000$ m/Sek. das Massenverhältnis $\frac{m_0}{m_1} = e^5 = 150$ sich ergeben. Die Fahrt würde sich mit einer dreifachen Rakete gerade noch ausführen lassen. Ich werde übrigens in der 3. Auflage meines Raketenbuches zeigen, daß sich diese Fahrten auch bei wesentlich kleineren Massenverhältnissen bewerkstelligen lassen.

(Fortsetzung nächste Nummer.)

Die Fahrt ins All.

Eine kosmische Phantasie von Max Valier, München.

(Fortsetzung.)

Die normalen Gasausströmungen aus beiden Kernen entwickelten sich jetzt so, daß sie gleichsam zwei Hörner bildeten, über dem Haupt des Irrsterns, während die beiden Augen weiter auseinandertraten und im Gesamtbild des Kopfes eine tiefere Stellung einnahmen, zwischen sich einen verhältnismäßig dunklen Raum offen lassend, der wie der schwarze Rachen eines Untiers mit weitabstehenden, tiefliegenden Basiliskenaugen sich vor dem Schiffe auftat.

Mit einem Aufschrei taumelte Inge zurück und wäre von der Bank des Steuermannes gefallen, wenn dies hier, im Zustande der Schwerelosigkeit überhaupt möglich gewesen wäre. Da sprangen die beiden Männer auf und stürzten zu den Hebeln und Apparaten.

Es war die höchste Zeit. Der Komet, dessen Entfernung sich von dem fahrenden Schiffe aus auf keine Weise genau bestimmen ließ, da die verschwommenen Konturen des Irrsterns keine Messung gestatteten, war eben doch dem Schiffe schon wesentlich näher, als es der Doktor abschätzungsweise angegeben, und schickte sich nunmehr an, geradeswegs auf das Raumschiff loszufahren. Er sah jetzt aus, wie ein wütender Stier mit dem Antlitz eines Drachen. Nun ging es ums Ganze!

„Alles klar zum Manöver!" befahl der Ingenieur. „Habt ihr die Äthertauchhelme zur Hand. Ich denke, es ist doch besser, wir ziehen die Anzüge gleich an, denn beim Zusammenstoß mit dem Kometen — wenn es dazu kommt — kann leicht ein Splitter des Unholds das Schiff durchschlagen, so daß in der Kammer

die Luft entweicht. Haben wir aber die Anzüge an, so kann das allein nicht schaden, nur wer gerade getroffen wird — der freilich ist verloren."

Um die Wahrscheinlichkeit herabzumindern, daß alle zugleich getroffen würden, ordnete der Ingenieur weiter an, daß Inge in der Kammer mittschiffs bleiben, der Doktor in den Maschinenraum hinuntersteigen sollte, während er selbst im Kommandoturm auf dem Bocke des Steuermanns Platz nahm. Darauf wurden sämtliche Schottentüren im Schiffe geschlossen. Der große Distanzmesser war wieder ausgerückt und faßte den Kometen mit seiner stereoskopischen Zange.

Von Minute zu Minute las der Ingenieur die Stellungen ab und rief sie durch den Draht dem Doktor hinunter, der im Maschinenraum, so gut es ging, die relative Bahn des Irrsterns zum Schiff zu berechnen versuchte. Bald zeigte sich, daß ein Ausweichen zur Seite eine so große Beschleunigung erfordert hätte, daß die Maschinen sie nicht zu geben vermochten, außerdem soviel Betriebsstoff gebraucht hätte, daß selbst im Falle des Gelingens die Rückkehr zur Erde in Frage gestellt war. Blieb also nichts übrig, als den Kampf aufzunehmen und zu versuchen, zwischen den beiden Teilkernen des Kometen, gerade durch den schwarzen Rachen hindurch zu stoßen, wobei zu hoffen stand, daß die geringe Masse der Kometkerne keine allzugroße Störung bewirken und das Schiff nicht in eine verhängnisvolle Bahn reißen würde. Zu fürchten waren nur Splittervolltreffer, Reibung der Kometengase an den Schiffswänden und sandstrahlgebläseartige Wirkungen auf die Außenhaut des Fahrzeuges. Aber es blieb keine Wahl.

Die Augen fest auf dem Distanzmesser, die Hände an den Hebeln, glich der Ingenieur dem Rekordmann, der weiß, daß jetzt die gefährliche S-Kurve kommt, die über Leben und Tod entscheidet. Ein Fußdruck setzte den Anlasser in Gang. Und als die Öfen warm waren, gab die Hand am Hebel etwas Gas. Das Schiff herumzudrehen war nicht nötig, denn hier war der Gegner von vorne anzugreifen.

Die Minuten dehnten sich wie Stunden. Der Kopf des Kometen, an Durchmesser wohl unsere Erde zehnfach übertreffend, wurde immer unsichtbarer, durchsichtiger, je näher er heranschoß, denn seine Gasschleier verteilten sich auf einen immer größeren Himmelsraum.

„Wir werden es gar nicht merken, wenn wir darin sind, Edmund," rief Inge durch das Telephon, als sie dies beobachtete, „wenn nur die Kometenkerne erst hinter uns wären."

In diesem Augenblick begannen die Nadeln der Außenthermometer zu zucken und zu steigen. Bald kletterten sie auf 100, dann auf 200 Grad Celsius.

„Wir sind in den Schwaden", ließ sich der Doktor aus dem Pumpenraum vernehmen, denn auch er konnte durch ein Periskoprohr nach vorne beobachten.

Die Zeiger stiegen auf 300 Grad. Besorgt rief der Ingenieur ins Telephon:

„Wenn das so weitergeht, wird die Außenwand bald rot zu glühen anfangen. Aber eine Weile halten wir es aus. Das Beryllium hat einen hohen Schmelzpunkt und bis die Wärme sich durch die isolierende Schicht nach innen fortleitet, dauert es gut 10 Minuten. Dann freilich besteht Gefahr, daß die Tanks explodieren."

„Da, da, seht doch!" schrie Inge dazwischen, „die Kometenkerne fahren auf uns los, der linke ist der nähere."

„Achtung, ich muß Vollgas geben," brüllte der Ingenieur zurück, um das Sausen zu übertönen, „dann schaffen wir es noch mit einer scharfen Rechtskurve. Wir müssen möglichst mitten durch, dann heben sich die Schwerefelder der Kerne auf." Schon schnurrte der Steuerkreisel und zwang die Spitze des Schiffes nach rechts. Und 5 Sekunden später stießen alle Öfen ihre furchtbaren Feuergarben hinaus in den Raum. Die Menschen aber in dem Schiffe keuchten und rangen in ihren schweren Taucheranzügen.

Noch immer stieg die Temperatur an der Außenwand und hatte eben 600 Grad überschritten, als das Schiff zwischen den beiden Kernen mit der Geschwindigkeit von fast 60 Sekunden-Kilometern hindurchflog, denn an 25 besaß es selbst und mit rund 35 schoß der Komet dagegen an. Die Kerne aber, etwa 20000 Kilometer voneinander getrennt, nahmen sich aus wie Schwärme von Bogenlampen, die im Nebel gleich Mücken kreisen.

Da klang es wie ein Schlag gegen die Wand. Der Ingenieur rief sofort durch den Draht Inge und seinen Freund. Inge antwortete gleich, aber des Doktors Stimme klang hohl und matt.

„Einschlag! Ein Tank läuft aus. Zwei Öfen spucken. Ich, ich bin . . ich bin . ." da riß die Verbindung ab. Inge fragte zurück: „Soll ich versuchen, ihm zu helfen!"

„Unmöglich jetzt! Bleib! Noch 5 Minuten!"

Durch das einseitige Ausfallen zweier Öfen drohte die Rakete sich zu überschlagen, wie es auch bei Artilleriegeschossen manchmal vorkommt. Dem konnte der Ingenieur nur durch Abstellen zweier weiterer Öfen auf der Gegenseite abhelfen. Ehe das richtig gelang, waren 3 Minuten vergangen. Die Außentemperaturen stiegen noch immer an und es bestand Gefahr, daß die Tanks in Kürze explodierten. Hier gab es nur einen Ausweg: zu versuchen, quer zur Schweifrichtung des Kometen aus den Schwaden auf kürzestem Wege herauszukommen.

Rasch griff der Ingenieur in das Rad. Sein Entschluß war gefaßt. In den nächsten Sekunden entschied sich alles. Betriebsstoff? — Je mehr jetzt verbraucht wurde, um so besser, dann platzten die Tanks nicht so leicht durch die Erwärmung.

Noch einmal warf der Mann am Steuer den Hebel auf die äußerste Rast und drehte das Lenkrad bis zum schärfsten seitlichen Ausschlag. Widerwillig fast, gehorchte das Schiff. Das Werk, mit übermenschlicher Muskelkraft entgegen dem furchtbaren Andruck gemeistert, gelang. Die Schwaden wurden lichter und bald blickten die Sterne klar vom Himmelsgrund. Das Schiff war gerettet, das Äußerste gewendet.

Im oberen Raum war alles in Ordnung. Man konnte die Tauchanzüge ablegen, was Inge auch sogleich tat, denn sie war bereits am Ende ihrer Kräfte. Der Ingenieur aber kroch, noch immer im Tauchhelm, in die Schleuse des Steigschachts und schloß den oberen Deckel, ehe er den unteren öffnete. Und das war gut, denn die Luft im unteren Schiffsraume war entwichen. Das allein konnte freilich dem Doktor nicht geschadet haben. Und wirklich, bald fand ihn der Ingenieur auch in einer Ecke zwischen zwei Duraluminträgern, die sich etwas verbogen hatten, eingeklemmt, sonst aber munter und guter Dinge. Zunächst mußte das Leck luftdicht geschlossen werden, was mit Hilfe der dafür vorbereiteten Platten und Gummieinlagen auch rasch gelang. Dann ließ der Ingenieur aus den Reservetanks den unteren Innenraum des Schiffes sich wieder mit frischer Luft füllen. Darauf stieg er noch einmal in den oberen Raum zu Inge hinauf, entledigte sich des Tauchhelms, nahm Werkzeug aus der Kiste und kletterte zum zweiten Male hinab, um den Doktor aus seiner Einklemmung zu befreien, was nach einiger Mühe glückte. Einige Minuten später saß auch dieser, des Raumtauchanzuges entkleidet, im üblichen leichten Hausgewande wieder in der wohnlichen Kammer.

„Das ging hart auf hart!" meinte der Ingenieur.

„Aber dennoch war es ein herrliches Erlebnis, das ich jetzt, wo ich es überstanden habe, in meiner Erinnerung nicht vermissen möchte." „Was sind alle

Sensationen auf der Erde, denen die Dollarprinzessinnen nachjagen, gegen diesen Kampf mit einem Kometen", gab Inge zurück und schmiegte sich fest an ihren Mann, den sie aus stolzen Augen ansah.

„Mir war an sich nicht bange", fügte der Doktor hinzu, „als ich sah, daß ich bloß eingeklemmt war, fühlte ich mich sogar ganz gemütlich da unten. Unangenehm war nur, daß die Verbindung mit euch unterbrochen war und ich nicht wußte, ob ihr noch lebt und kommen werdet, um mich aus der Umklammerung zu befreien."

Das Abenteuer mit dem Kometen hatte leider doch eine unangenehme Folge. Ein Teil des Treibstoffes war ausgelaufen, was einer Einbuße an Antriebsvermögen um mindestens 1300 Meter in der Sekunde gleichkam. Dann waren zwei Öfen beschädigt und ohne äußerste Schwierigkeit nicht zu reparieren, während weitere zwei auf der Gegenseite aus Rücksicht auf den symmetrischen Antrieb ausfallen mußten. Aber das alles schadete noch nicht allzuviel. Dadurch war nur das maximale Beschleunigungsvermögen des Schiffes von 60 Meter auf etwa 40 Meter in der Sekunde herabgesetzt. Man konnte auch so jede Endgeschwindigkeit erzielen, nur brauchte man etwas länger und deswegen viel mehr Betriebsstoff. Hier aber lag das Verhängnisvolle des sonst so glücklich überstandenen Zusammenstoßes mit dem Irrstern. Bei dem Durchbruch zwischen den Kometenkernen und bei dem Ausbiegen aus dem Kometenschweif waren an 3000 Meter in der Sekunde Antriebskraft verbraucht worden. Der Rest hätte gerade noch gereicht, um die Geschwindigkeit des Raumschiffes, die beim Schneiden der Marsbahn theoretisch 20 Kilometer in der Sekunde betragen sollte, auf die 24 Kilometer in der Sekunde des Mars selbst zu bringen. Dazu kam jetzt noch die Bahnstörung infolge der Ausbiegung, die auch erst wieder zu berichtigen gewesen wäre. So mußte man sich, so schwer es fiel, dazu entschließen, auf einen Besuch des Mars mit Landung auf ihm für diesmal zu verzichten, sondern an ihm nur in 500000 Kilometer Abstand vorbeizuziehen. (Fortsetzung folgt.)

5000 RM. Werbeprämien.

Unsere vorläufige Mitteilung in der Oktober-Nummer hat sichtlich eine Belebung der Werbetätigkeit gezeitigt. Im Interesse der großen Sache scheint es uns daher zweckmäßig, diesen Weg, wenn auch mit einigen Abänderungen, einzuschlagen. Neben den auf der letzten Seite genannten Prämien werden daher für diejenigen Mitglieder, welche, nachdem die Mitgliederzahl 10000 erreicht hat, die meisten Mitglieder geworben haben, folgende Preise ausgesetzt:

1. Preis 2000 RM.
2. „ 1000 „
3. „ 500 „

ferner

5 Preise à 100 RM. = 500 RM.
50 „ à 20 „ = 1000 „

Die Entscheidung darüber, durch wen ein Mitglied geworben wurde, liegt im Zweifelsfalle bei dem geworbenen Mitglied.

Der Vorstand ist jederzeit berechtigt, Zusatzbestimmungen zu treffen.

* * *

Durch die Werbung von 10 neuen Mitgliedern hat Herr Strahler, Weißenfels, als erster einen Anspruch auf das Vorstoßbuch erworben. — Wenn jedes Mitglied 10 neue wirbt, verzehnfacht sich unsere Mitgliederzahl.

Prämien für die Werbung von Mitgliedern.

Als Ansporn für die Werbung neuer Vereinsmitglieder werden folgende Prämien ausgesetzt. Es erhält:

Wer 3 Mitglieder wirbt, 1 Bildnis von Max Valier, München, mit Autogramm;

Wer 5 Mitglieder wirbt, einen Sonderabdruck der Erzählung Max Valier, München, „Die Fahrt ins All", mit Autogramm des Verfassers; bzw. das Buch „Die Fahrt ins Weltall" von Willy Ley, mit Autogramm des Verfassers.

Wer 10 Mitglieder wirbt, das Buch „Der Vorstoß in den Weltenraum. Eine technische Möglichkeit" von Max Valier, München, 3. Aufl. 1927, mit Autogramm des Verfassers.

Valier-Vortrag in Breslau am 14. Dezember 1927.

Die Vereinsmitglieder in Breslau und Umgegend werden darauf aufmerksam gemacht, daß Herr Valier am Mittwoch, den 14. Dezember 1927, abends 8 Uhr, im Auditorium Maximum der Universität einen Vortrag über das Raumschiff halten wird.

Quittungen.

Höhere Beiträge gingen ein (bzw. wurden zugesagt) von Stöffgen, Leipzig 5 RM.; Wetzel, Hohenstein-Ernstthal 6 RM.; Bruckschweiger, Wels 5 RM.; Thiele, Greppin 5 RM.; Krummbiegel, Hohenstein-Ernstthal 5 RM.; Wettekind, München 5 RM.

Der Verein dankt allen und bittet auch weiterhin um tatkräftige Unterstützung. Während der Mindestbeitrag in erster Linie für Werbezwecke bestimmt ist, sollen die den Mindestbeitrag übersteigenden Beiträge und Gaben für Versuche und für den Bau des Raumschiffes verwendet werden.

Ein besonderer Dank gebührt Herrn Josef Mehlhart, München, Mannhardtstraße 3, welcher den schönen, neuen Entwurf für den Kopf dieser Zeitschrift „im Hinblick auf die verdienstvolle Tendenz des Vereins" gestiftet hat.

Die
bildgeschmückte Vereinszeitschrift
„Die Rakete"
hält Sie stets auf dem laufenden über den Stand der Projekte und enthält auch sonst viele anregende und interessante Artikel zum Thema

Die
Fahrt in den Weltenraum
soll Wirklichkeit werden
Treten Sie dem
Verein für Raumschiffahrt E. V.
Breslau 13, Hohenzollernstr. 63/65
bei / Jahresbeitrag 3 RM. / dann fördern Sie die Verwirklichung der großen Idee

2 Projektionsbilder für Werbezwecke.

Herausgeber: Johannes Winkler, Breslau 13, Hohenzollernstraße Nr. 63/65.
Postscheckkonto: Breslau 26550. Druck: Otto Gutsmann, Breslau, Schuhbrücke 32.
Bezugspreis: vierteljährlich 60 Pfg. und Postgebühr. 11