DIE MÖGLICHKEIT DER WELTRAUMFAHRT

ALLGEMEINVERSTÄNDLICHE BEITRÄGE ZUM RAUMSCHIFFAHRTSPROBLEM

HERAUSGEGEBEN VON WILLY LEY

DIE MÖGLICHKEIT DER WELTRAUMFAHRT

Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem

HERAUSGEGEBEN VON WILLY LEY

Die Möglichkeit der Weltraumfahrt

Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem

von

Professor **Hermann Oberth**, **Dr. Franz v. Hoefft**,
Dr.-Ing. Walter Hohmann, **Dr. Karl Debus**,
Ingenieur **Guido von Pirquet** und
Ingenieur **Fr. W. Sander**

Herausgegeben von

Willy Ley

Mit 70 Abbildungen

1928

Verlag von Hachmeister & Thal in Leipzig

Druck von Robert Noske in Borna-Leipzig

Vorwort des Herausgebers

Ich halte es für notwendig, diesem Buch einige einführende Worte mitzugeben. Um was es sich handelt, ist ja allbekannt: man will mit Hilfe bestimmter technischer Mittel den Weltenraum erobern. Zunächst mit unbemannten Maschinen, später auch mit bemannten; und so letzten Endes die Herrschaft des Menschen, die bisher erdgebunden war, auf unser Planetensystem ausdehnen.

Daß es sich hierbei um einen großen und kühnen Gedanken handelt, für den uns vorläufig noch alle Maßstäbe fehlen, und daß die erste Tat in dieser Richtung den Beginn einer neuen Epoche der Weltgeschichte, nicht nur im engen historischen, sondern auch im naturgeschichtlichen Sinne, man mag ihn so weit fassen, wie man nur irgend kann, darstellt, braucht wirklich nicht erst gesagt zu werden. Und ist auch auszudenken ganz unmöglich, eben weil noch alle Maßstäbe fehlen.

Was ich hier im Vorwort vorausschicken will, ist lediglich eine kurze Bemerkung zur Genesis dieses Buches. Der erste Gedanke kam mir, als mich jemand bat, ihm eine Zusammenstellung aller ernsthaften Bücher und Schriften über das Raumfahrtproblem zu geben, und die Bemerkung daran knüpfte, es möchten aber nicht zu schwer verständliche Sachen sein. Da war nun guter Rat teuer — die leichtverständlichen Sachen waren (und sind) nicht gründlich, die gründlicheren nicht leichtverständlich. Wirklich umfassende Arbeiten gibt es ja überhaupt noch nicht, dazu ist das Problem eben zu neu. Auch fehlte bisher ein Buch, wie es andere Wissenschaften mehr oder weniger gut besitzen, das nicht schwerverständlich und trotzdem nach Möglichkeit umfassend ist. Mein Gedanke damals war, unter Heranziehung aller Autoren deutscher Sprache, die öffentlich bejahend zur Weltenfahrtsfrage Stellung genommen haben, ein nach Möglichkeit umfassendes Raketenbuch zusammenzustellen. Das gleichzeitig für möglichst weite Kreise verständlich sein sollte, — denn auf das Interesse der Öffentlichkeit sind wir Raumfahrtsleute mehr als jeder andere technische bzw. wissenschaftliche Zweig angewiesen.

Es ist jetzt rund ein Jahr her, daß der Gedanke keimte, und neun Monate, daß ich bei den Herren Autoren anfragte und, kaum erwartet und erhofft, überall Zustimmung und Mitarbeit fand. Nur die Förderung, die allerseits (und nicht zuletzt durch den Herrn Verleger) erfolgte, machte es möglich, das Werk in dieser verhältnismäßig kurzen Zeit herauszubringen.

Allen Freunden und Helfern aufrichtigen Dank an dieser Stelle!

Die geplante und zugesagte Mitarbeit des bekannten Popularisators der Weltenfahrt, Max Valier, ließ sich leider wegen Arbeitsüberbürdung des Autors nicht mehr durchführen.

Für den Leserkreis muß noch erwähnt werden, daß die einzelnen Kapitel ohne Kenntnis der anderen Arbeiten verfaßt wurden, woraus sich ganz zwanglos erklärt, daß in Einzelheiten die einzelnen Ansichten auseinandergehen.

Es mag das mancher für einen Fehler halten — ich denke aber im Gegenteil, daß das Buch dadurch an Wert und Interesse nur gewinnen kann, und außerdem erscheint es mir anmaßend, dem Leser nur einen sorgfältig durchredigierten und nach allen Richtungen ängstlich filtrierten Einheitsbrei vorzusetzen. Aus dem gleichen Umstande und den gleichen Überlegungen folgt, daß natürlich jeder Mitarbeiter nur seine eigenen Arbeiten mit seinem Namen deckt, nicht auch die der anderen.

Meine Hoffnung ist nun, daß dies Buch mithilft, das allgemeine Interesse nicht nur in geistiger, sondern auch in finanzieller Hinsicht zu erwecken, damit zu diesem deutschen Raketenbuch das d e u t s c h e Weltenschiff entsteht!

B e r l i n, im Februar 1928.

Willy Ley

Inhaltsverzeichnis

Seite

In den Tiefen des Weltenraumes (von Willy Ley-Berlin) . . . 1

Belebte Welten (von Willy Ley-Berlin) 14

Raumschiffahrtsdichtung und Bewohnbarkeitsphantasien seit der Renaissance bis heute (von Dr. Karl Debus-Regensburg) . . 67

Grundprobleme der Raumschiffahrt (von Professor Hermann Oberth-Mediasch) 106

Betriebsstoffe der Raumschiffe (von Dr. Franz von Hoefft-Wien) 153

Fahrtrouten, Fahrzeiten und Landungsmöglichkeiten (von Dr.-Ing. Walter Hohmann-Essen) 177

Stationen im Weltraum (von Professor Hermann Oberth-Mediasch) 216

Von der Luftschiffahrt zur Raumschiffahrt (von Dr. Franz von Hoefft-Wien) 240

Die ungangbaren Wege zur Realisierung der Weltraumschiffahrt (von Ing. Guido von Pirquet-Wien) 284

Die Rakete als Antriebskraft (von Ing. Fr. W. Sander-Wesermünde) 324

Schlußwort 329

Literaturverzeichnis 341

Die Verfasser

Da dies Buch hauptsächlich zur ersten Einführung in das neue Problem gedacht ist und man vielfach über die Verfechter des Raumfahrtgedankens die sonderbarsten Meinungen hört, dürfte es von Wert sein, die Autoren, deren Bilder aus ähnlichen Gründen beigegeben sind, noch vor der Lektüre vorzustellen.

Professor Hermann Oberth. Geboren am 25. Juni 1894 zu Hermannstadt, absolvierte das Gymnasium 1912 in Schäßburg. Studierte sodann zwei Semester Medizin in München, danach in Klausenburg, München, Göttingen und Heidelberg Physik und Astronomie. Machte den Weltkrieg 1914/15 bei der Truppe, später bei der Sanität mit. Sein wissenschaftlich gehaltenes Buch „Die Rakete zu den Planetenräumen“ erschien zum erstenmal 1923. Seit 1925 Professor in Mediasch (Rumänien). Vorstandsmitglied des Vereins für Raumschiffahrt e. V. in Breslau.

Dr. Franz Oskar Leo Edler von Hoefft. Geboren zu Wien am 5. April 1882. Absolvierte Gymnasium und Oberrealschule zu Wien 1900, diente bis Oktober 1901 als Einjährig-Freiwilliger im Dragoner-Regt. Nr. 6 und wurde 1901 zum Leutnant d. R., 1903 zum Leutnant a. D. ernannt. Legte 1903 (Akad. Anz. Nr. 10) der Akademie der Wissenschaften in Wien ein Schraubendrachenfliegerprojekt vor. Begann seine Studien an der Technischen Hochschule zu Wien und hörte daselbst drei Semester Chemie, danach ein Semester physikalische Chemie bei Prof. Nernst in Göttingen, kehrte nach Wien zurück und promovierte 1907 mit den Hauptfächern Physik und Chemie zum Dr. phil., trat dann als Hochofeningenieur bei der Alpinen Montangesellschaft in Donawitz ein, war kurze Zeit bei der Vacuum Oil Company und dann noch ein Jahr bis zum Juni 1909 als k. u. k. Ingenieur im Patentamt Wien tätig. Seither freier Forscher und Schriftsteller, Forschungsgebiet hauptsächlich Kolloidchemie. Machte den Weltkrieg als Rittmeister im österr. Dragoner-Regt. Nr. 15 mit. Beschäftigung mit dem Raumfahrtproblem reicht bis ins Jahr

1891 zurück, worüber in seinen Arbeiten mehr gesagt. Patentanmeldung bezüglich Raumschiffahrt vom 1. II. 1928. Vorsitzender und Gründer der wissenschaftlichen Gesellschaft für Höhenforschung in Wien.

Dr.-Ing. Walter Hohmann. Geboren am 18. März 1880 in Hardheim am Odenwald; besuchte das Gymnasium in Würzburg und die Technische Hochschule in München; war als Hoch-, Brücken- und Eisenbetonbau-Ingenieur tätig in Wien, Berlin, Hannover, Breslau; seit 1912 als Stadtbauingenieur in Essen; mit dem Raumfahrtproblem seit 1914 beschäftigt; die Untersuchungen hierzu wurden 1925 veröffentlicht in dem Buche „Die Erreichbarkeit der Himmelskörper" (Verl. R. Oldenbourg, München). Vorstandsmitglied des Vereins für Raumschiffahrt e. V. in Breslau.

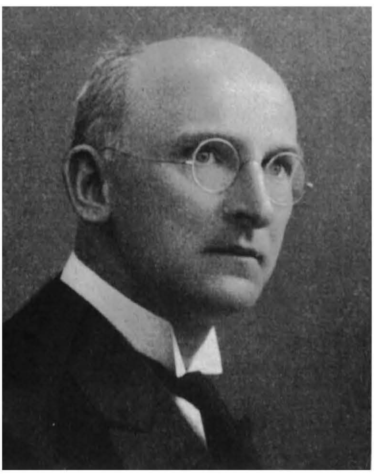
Ingenieur Guido von Pirquet. Geboren 1880 auf Schloß Hirschstetten (jetzt zu Wien gehörig), Grundbesitzer, besuchte die Realschule, danach die Technische Hochschule (Maschinenbau) in Wien und Graz; privat, mit eigenen Erfindungen und wissenschaftlichen Studien beschäftigt, Liebhaberastronom, Obmann des Technischen Überprüfungskomitees des Österreichischen Erfinderverbandes und Sekretär der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Höhenforschung in Wien.

Dr. Karl Debus. Geboren am 10. September 1891 in Leistadt, Rheinpfalz, besuchte die Gymnasien Bad Dürkheim, Speyer und Ludwigshafen am Rhein, studierte in München und Würzburg, Kriegsteilnehmer von 1915 bis 1918. Tätig an verschiedenen Verlagen, Zeitungen und Zeitschriften als Schriftleiter und Propagandaredakteur. Literarische und kulturwissenschaftliche Aufsätze, Buchkritik. Spezialstudium: Die Stellung der Erde in der Kosmologie.

Willy Ley. Geboren am 2. Oktober 1906 zu Berlin, besuchte die Fichte-Realschule (Nr. V) zu Berlin bis zur Abschlußprüfung. Durch die steigende Inflation gezwungen, dem regulären Studium zu entsagen, in einer deutschen Großbank bis Mitte 1926 tätig, seitdem freier Schriftsteller in Berlin. Daneben privates Studium Biologie und Astronomie. Veröffentlichte 1926 als erstes eine Popularisierung der Raumfahrtideen unter dem Titel „Die Fahrt ins Weltall", seitdem mehrere biologische (paläozoologische) und astronomische Schriften in verschiedenen Verlagen und eine große Zahl von allgemeinverständlichen Einzelarbeiten in Zeitungen über die genannten Gebiete und das Raketenproblem.

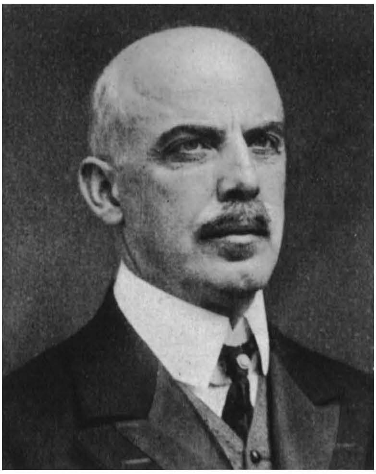
H. Oberth

Dr. Hoefft



W. Hohmann.

Dr Karl Debus



Ing. Guido von Pirquet

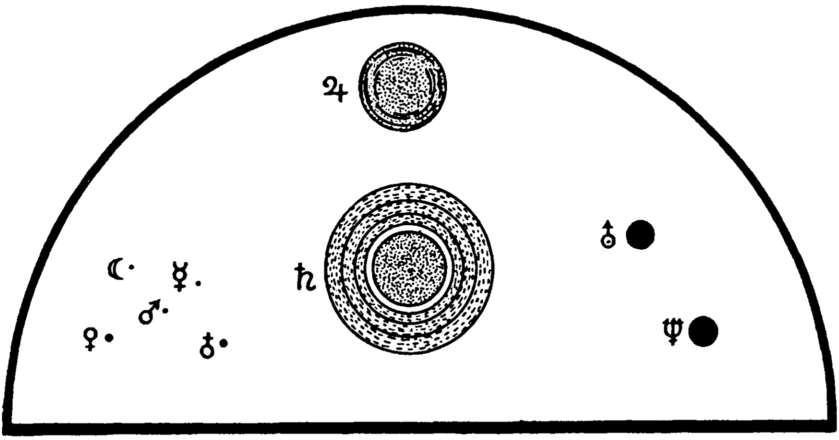
F. W. Sander

Willy Ley

Max Valier

In den Tiefen des Weltenraumes

Von Willy Ley



Die Größe der Planeten unseres Systems gegen die halbe Sonnenscheibe.

Wer als Verfechter der Raumfahrtidee Gelegenheit nimmt, Urteile zu sammeln, der wird die sonderbare Erfahrung machen, daß die erste Außerung für gewöhnlich Kritik, und zwar absprechende Kritik ist.

An und für sich ein erfreuliches Zeichen, denn Kritik bedeutet schließlich, daß der Kritiker schon einmal irgendwie über die Sache nachgedacht hat.

Daß die Kritik oft recht dumm ist, tut nichts zur Sache, — viel wichtiger ist die Tatsache der Beschäftigung mit dem Raumfahrtsgedanken. Ist das Interesse erst einmal geweckt, dann ist es leicht, die Kritik in die richtigen Wege zu leiten.

Die allgemeinen Kritiken (besonders die Laienkritiken) entspringen für gewöhnlich zwei Motiven. Das erste ist die mangelnde

Vertrautheit mit den astronomischen Grundbegriffen, das zweite ein unklares Gefühl, daß ein Ding außerhalb des Erdenkreises dem Menschen nicht zugänglich sei.

Ich halte es daher für ratsam, diesem Buche ein allgemeines Kapitel voranzustellen, in dem die Grundbegriffe erörtert und gleichzeitig die naivsten Einwände abgetan werden.

Unser Mond, der uns nächste Weltkörper, ist nur 384000 km im Mittel von uns entfernt. Das ist für astronomische Begriffe lächerlich wenig, für irdische Begriffe gar nicht so viel. Jeder Lokomotivführer und jeder alte Kapitän hat längere Strecken hinter sich, und man kann sich sehr leicht ausrechnen, wie lange man mit einem der modernen Verkehrsmittel oder gar mit dem 500-Kilometer-Schnelligkeitsrekordflugzeug gebrauchen würde, um diese Strecke zu überwinden.

Daß noch niemand da war, liegt nicht an der Größe der Entfernung, sondern daran, daß die Erdatmosphäre nicht so weit reicht, denn in höchstens 300 km Höhe ist es so gut wie aus mit ihr, nachdem sie schon in 12 km Höhe so dünn geworden ist, daß ein Flugzeug nicht mehr steigen kann. (Näher ausgeführt sind die atmosphärischen Verhältnisse von Dr. v. Hoefft in seinem Kapitel „Von der Luftschiffahrt zur Raumschiffahrt".)

Die bisherige Unerreichbarkeit des Mondes hat also ihren Grund lediglich in der Ungeeignetheit der üblichen Verkehrsmittel, den trennenden leeren Raum zu durchqueren.

An dieser Stelle hakt nun die Kritik für gewöhnlich ein.

Der leere Raum. Das bedeutet Luftmangel und die Kälte des absoluten Nullpunktes —273° C!

Also ist eine Raumfahrt unmöglich!

Daß man luftdichte Kabinen bauen kann, scheint vielen Menschen eine große Neuheit zu sein. Und die berühmte „absolute Nullpunktskälte" des „absoluten Vakuums", das der Weltraum darstellt, ist auch nicht gerade ein Zeugnis großer Verstandesschärfe.

Man liest es wohl noch hier und da in populären astronomischen Büchern, aber man sollte beim Lesen auch ein wenig denken. Dann würde man nämlich recht schnell finden, daß ein Vakuum, ein absolutes Nichts, natürlich auch keine Temperatur haben kann. Hinzu kommt noch, daß auch das Vakuum wie alles Irdische und auch Kosmische dem denkmäßigen Ideal nicht voll entspricht, im leeren

Raum scheint sich nicht nur kosmischer Staub herumzutreiben, sondern auch äußerst lose Gasmassen. Welche Temperatur die haben werden, ist schwer zu sagen. Wahrscheinlich werden die Werte des „Wärmefeldes der Sonne“, die im nächsten Kapitel verzeichnet sind, zutreffen.

Außerdem, um auf die ursprüngliche Fassung der Kältefrage zurückzukommen, gibt es ja auch vielerlei Möglichkeiten einer künstlichen Erwärmung des Raumschiffes, wozu man die Sonnenstrahlen selbst heranziehen kann.

Doch wird zum „leeren Raum“ gern noch etwas mehr geredet. Der eine sagt, im leeren Raum könne sich ein Fahrzeug nicht bewegen, bzw. wenn es eine Bewegung hat, diese nicht beschleunigen oder verzögern oder gar die Richtung ändern.

Dazu kann ich augenblicklich nur sagen, daß mit Hilfe des Rückstoßprinzips das alles doch möglich ist, beweisen wird es Herr Professor Oberth in seinem Kapitel: „Die Grundprobleme der Raumschiffahrt.“

Das schwere Geschütz ist dann aber: Die tödlichen Strahlungen des Weltenraumes werden die Insassen verbrennen.

Es hat mit dieser Gefahr folgende Bewandtnis: Aus der Milchstraße und vor allem aus der Gegend des Sternbildes des Herkules kommt eine außerordentlich seltsame Strahlenart. Man bezeichnet sie für gewöhnlich als „Millikanstrahlung“, nach dem Forscher Millikan, einem Amerikaner, der sie 1925 auffand und unter Entfaltung einer üppigen belletristischen Tätigkeit als nagelneue eigene Entdeckung anpries. Verschwiegen wurde dabei, daß bereits 11 Jahre früher der deutsche Forscher Dr. Werner Kolhörster die „Höhenstrahlung“, wie er selbst sie nannte, nachgewiesen hatte. Besonders bemerkenswert ist, daß Millikan damals sich sogar als Gegner dieser neuen Strahlen hervortat. Seitdem sind die Forschungen über diese Strahlen, die eine hundertmal größere Durchschlagskraft als die allerhärtesten Röntgenstrahlen haben, bedeutend vertieft, wenn auch noch lange nicht abgeschlossen worden, und zwar durch Dr. Kolhörster selbst, dessen Bezeichnung „Höhenstrahlung“ auch die allgemein gebräuchliche geworden ist.

Der schwedische Astronom Corlin ist der Ansicht, daß die sogenannten „Mirasterne“ die Höhenstrahlung aussenden; man müßte sie demnach im Sinne der Nernstschen Weltbildungshypothese als die Geburtswehen neuer Welten auffassen.

Das ist nun die Strahlung, die die Raumfahrt unmöglich machen soll. Gewiß, man soll Strahlungsgefahren nicht zu gering einschätzen; die ersten Fachleute auf dem Gebiet sind aber gerade geneigt, darin die geringste Gefahr zu sehen, welcher Ansicht sich auch Professor Oberth anschließt. Die Wand des Weltenfahrzeuges wird voraussichtlich genügend schützen, im Notfall dürfte sich auch eine isolierende Schicht noch finden lassen. Jedoch nur „im Notfall", es wird kaum nötig sein. Hier könnte ein Tierversuch in einem Modellapparat, von dem Professor Oberth übrigens nichts und ich sehr viel halte, vielleicht einiges lehren.

Aber es darf sich die Erwähnung dieses Einwandes nicht zu einer Vorlesung über Strahlungstheorien auswachsen.

Wichtiger als alle diese Nebenfragen ist die Besiegung des unabsetzbaren Weltregenten, der Schwerkraft.

Wir wissen ja sehr genau, wie unser Sonnensystem aussieht. Diese Frage trifft nämlich eine Seite der Astronomie, die man als ihre „Tagseite" bezeichnen kann. Die „Tagseite" umfaßt alles, was mit den Bahnen der Himmelskörper zusammenhängt; da weiß der Astronom Bescheid, und Irrtümer sind ausgeschlossen. Die „Nachtseite" sind andere astronomische Fragen, Weltentstehung (Kosmogonie) und Beschaffenheit der Planetenoberflächen gehören dazu, und da ist es wirklich sehr finster.

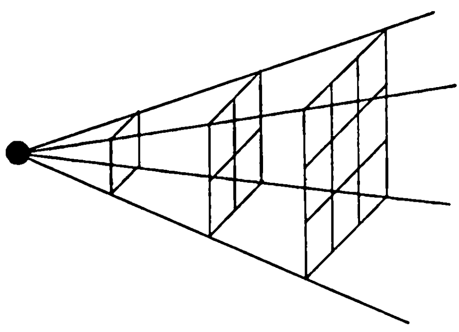


Abb. 1.
Das Quadrat der Entfernung.

Hier aber handelt es sich um die „Tagseite", und die Formeln und Gesetze kommen wie Lichtstrahlen angeschwirrt. Die leuchtende Sonne am Tageshimmel ist die Schwere, und daraus folgt alles weitere. Als erstes ist zu merken: „Die Schwerkraft nimmt wie das Licht im Quadrat der Entfernung ab." Ist also bei doppelter Entfernung $^1/_4$ so groß wie bei einfacher, bei dreifacher nur noch $^1/_9$, bei vierfacher $^1/_{16}$ usw. Die Bewegungen lassen sich in drei einfache Gesetze fassen, die Kepler schon 50 Jahre, bevor Newton seinen Schweresatz aufstellte, gefunden hatte. Sie lauten:

1. Die Planeten und periodischen Kometen bewegen sich in Ellipsen, in derem einem Brennpunkte die Sonne steht.
2. Die Bewegungen finden so statt, daß vom Radiusvektor (Verbindungslinie Sonne—Planet) überstrichene Flächen den dazu verwendeten Zeiten proportional sind. (Das besagt, daß ein Weltkörper sich am sonnenfernsten Punkt seiner Bahn am langsamsten bewegen muß.)
3. Die Kuben der Entfernungen der Planeten von der Sonne verhalten sich wie die Quadrate ihrer Umlaufszeiten.

Die Bahnen der Fixsterne und also auch unserer Sonne scheinen nicht so ohne weiteres unter die Keplerschen Gesetze zu fallen. Von der früheren Annahme, daß sich alle Sonnen um eine Zentralsonne bewegen, ist man vollständig abgekommen. Der geistige Vater der Welteislehre, Hörbiger, meint deshalb, die Fixsternbewegung sei eine Trägheitserscheinung nach einer Explosion. Er sagt außerdem, daß der Reichweite der Schwere eine Grenze gesetzt sei. Nach dem Newtonschen Gesetz liegt die Grenze der Schwerewirkung eines Körpers im mathematischen Unendlichen, wenn sie auch schon lange vorher praktisch gleich Null wird. Hörbiger meint aber, das könne nicht stimmen, denn jede Energie finde auch im besten Leiter einen Widerstand, der sie allmählich verzehrt.

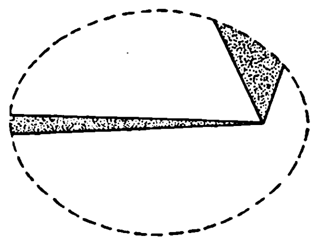


Abb. 2.
Das zweite Keplersche Gesetz.

Ehe wir darauf eingehen, denn unsere Absicht ist doch, den Raum zu durchqueren, das bedeutet letzten Endes die Schwerkraft besiegen, müssen wir versuchen, das Wesen der Schwerkraft zu erklären.

Als man anfing, sich wissenschaftlich um die Natur zu kümmern, und das ist leider noch gar nicht allzulange her, hatte man für alle fraglichen Erscheinungen, wie Elektrizität, Licht, Wärme und Schwerkraft den großen Topf, Fluidum geheißen, in dem so manche wissenschaftliche und populärwissenschaftliche Suppe gekocht wurde. Schließlich aber bekam der Topf ein Loch. Daran war der Weltäther schuld. Diesen Weltäther kann man sich als allerfeinstes Gas vorstellen, das also auch eine gewisse Masse hat. Es ist aber unmöglich, den Weltäther zu wiegen oder rein darzustellen, weil er die Eigenschaft hat, alles zu durchfluten und zu durchdringen. An dieser Durchdringung ging der Fluidumtopf in die Brüche. Es erklärt sich alles viel einfacher und leichter und, im Gegensatz zur Fluidalhypothese, auch viel verständlicher und einleuchtender, wenn man Elektrizität, Wärme, Licht usw. als Wellenbewegungen dieses Äthers auffaßt. Die längsten Wellen dieses Äthers sind die elektrischen. Die Funkentelegraphie arbeitet mit Wellen von 36 km Länge angefangen bis herunter zu 10 cm. Es ist auch schon gelungen, noch kürzere Wellen, bis zu 4 mm nach unten hin, zu erzeugen. Praktisch verwertet werden sie noch nicht. Es wird noch längere und auch noch kürzere elektrische Wellen geben, nur hat man sie noch nicht erzeugen können. Die nächstkürzere Wellenart sind die von Rubens entdeckten „Reststrahlen", von denen man noch nichts Rechtes weiß, wie schon der Name andeutet. Sie sind etwa $^{8}/_{10}$ mm lang. Die nächstkürzeren sind die Wärmestrahlen, deren längste $^{5}/_{1000}$ mm messen. Nun kommt das Licht in der Reihenfolge Rot, Orange, Gelb, Grün Blau, Violett, $^{76}/_{100\,000}$ bis $^{38}/_{100\,000}$ mm. In diesem kleinen Wellenintervall, den wir allein mit dem Auge zu erfassen vermögen, schalten sich die geheimnisvollen Fraunhoferschen Linien ein, die uns verraten, aus welchen Stoffen andere Welten sich zusammensetzen. Fraunhofersche Linien gibt es übrigens schon diesseits des Rot in dem Wärmeteil des Spektrums und auch jenseits des Violett, im Ultraviolett, das unser Auge zwar nicht mehr zu fassen vermag, das aber von der photographischen Platte und sogar auch von Insekten (Ameisen) wahrgenommen wird. Hinter den ultravioletten, chemisch wirkenden Strahlen kommen die Schumann-Strahlen, die die Eigenschaft haben, Fluoreszenz zu wecken. Was das ist, weiß jeder, der einmal bei Tageslicht in klarem Petroleum blauen und in roter Tinte (Eosin) gelbgrünen Schein gesehen hat.

Der Filmstreifen des Wellenbandes läuft weiter. Immer kürzer werden die Längen, hätten wir ein Instrument, das sie uns auf dem Zifferblatt angibt, würde der Zeiger auf $^{0,05}/_{1\,000\,000}$ mm stehen. Wir sind im Bereich der Röntgenstrahlen, deren Wirkungen ja jedermann bekannt sind. Wir haben gelesen, daß die Kraft der Röntgenstrahlen noch weit übertroffen wird von den Höhenstrahlen. Die Wellenlänge der Höhenstrahlung ist noch nicht sicher festgestellt, höchstwahrscheinlich ist sie bedeutend kleiner als die der Röntgenstrahlen. Und nun gibt es noch kürzere Wellen, die Schwerestrahlen.

Sagt zunächst eine etwas kühne Logik.

Ebenfalls vom Lichtäther, aber in ganz anderer Weise geht die Schweretheorie Prof. Sahulkas aus. Prof. Sahulka denkt sich die Schwere folgendermaßen. Die einzelnen Partikelchen des Äthers, die alles durchdringen sollen, bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit, prallen dauernd aneinander und an andere Körper an, verlieren dadurch viel an Energie und Geschwindigkeit. Daraus soll sich die Schwere erklären: „Wir stehen unter einem gewaltigen Regen von Ätheratomen, die von allen Seiten daherschießen. Von oben hageln sie mit unverminderter Geschwindigkeit auf uns herab; von unten aber müssen sie zunächst den ganzen dicken Erdball durchdringen, bevor sie zu unseren Füßen aus dem Erdboden austreten, um ihre Stoßwirkung auf uns auszuüben. Dadurch wird ihre Geschwindigkeit bedeutend vermindert, sie werden mit geringerer Energie auf uns pressen als die von oben kommenden, so daß als resultierende Kraft ein heftiger Druck von oben her entsteht. Also nicht die Erdmasse entwickelt die umfassende Gewalt, die alles Irdische an unseren Himmelskörper fesselt, sondern sie nimmt ihren Ursprung aus dem Unendlichen, leeren Weltenraum, aus dem Hagel der Ätheratome, die das Weltall durcheilen" (Bellak).

Daß dieser Theorie eine Strahlentheorie gegenübersteht, habe ich bereits angedeutet, und diese neue Schwerkraftstheorie geht auf die in der Forschung überhaupt sehr beliebte Melodie, eine ganze Anzahl verschiedener Tatsachen mit einem Griffe zu packen.

Man kam eigentlich darauf, als man es erklären wollte, daß die Sonne trotz der riesigen Wärmemengen, die sie jede Stunde in das All strahlt, nicht kälter wird. Wir können die Erdgeschichte bis in die geologische Periode des sogenannten Algonkiums zurückverfolgen, das ist in Jahren nach den ziemlich gut zusammenstimmenden Rechnungen verschiedener Methoden (die Methode aus dem radioaktiven Atomzerfall ist die beste) etwa eine Milliarde! Während dieser ganzen Zeit hat die Sonne ihre Temperatur, wie wir jetzt erkannt haben, kaum geändert, denn die vorübergehenden Eiszeiten sind anders zu erklären. Nach einer reinen Wärmerechnung müßte die Sonne aber in jedem Jahre um zwei Grad kälter werden, wenn sie nicht ihre Energieverluste aus der Strahlung irgendwie ersetzt.

Man hat diesen Ersatz in einer fortschreitenden Zusammenziehung gesucht, andererseits an die Hitzewirkung auftreffender Meteoriten gedacht, ohne jemals mit seiner Rechnung mit den Tatsachen auch nur einigermaßen übereinzustimmen.

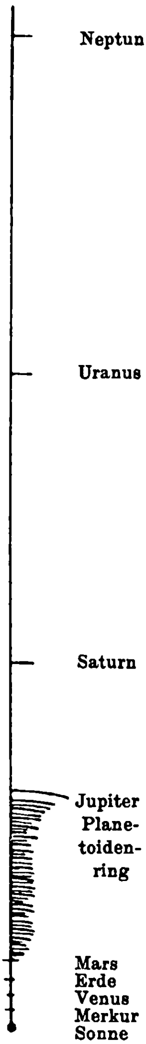


Abb. 3. Abstände der Planeten von der Sonne.

Verschiedene Gelehrte haben dann aber, vollkommen unabhängig voneinander, untersucht, wie die Sache liegt, wenn man dem Weltäther eine Energie zuschreibt. Und es sieht ganz so aus, als wenn man damit des Pudels Kern getroffen hätte. Die Energie des Weltäthers ist sogar unvorstellbar groß. Nernst berechnet als Mindestmaß eine Billiarde Grammkalorien pro Kubikzentimeter, Wiechert und Lodge sind sogar davon überzeugt, daß jedes Kubikmillimeter des „leeren" Raumes die Energie besitzt, eine Kraftanlage von einer Million Pferdestärken 40 Millionen Jahre hindurch zu speisen! Es ist bis jetzt noch nie gelungen, diese sogenannte „Nullpunktsenergie" auszulösen, man wüßte auch gar nicht, wie es geschehen könnte, und es ist nur zu hoffen, daß es auch nie gelingen möge!

Aus diesem unerschöpflichen Reservoir ergänzt also unsere Sonne ihre Kraft, und alle anderen Fixsternsonnen des Weltalls tun es ebenfalls. Wobei es logisch ist, daß die größeren mehr Energie aus dem Äther absorbieren müssen als die kleineren, — folglich auch heißer sind, wie es ja die Beobachtung bestätigt. Der früher gern zitierte Schrecken des Sonnentodes ist also nur ein Schreckschuß, denn die Sonne kann nicht sterben, da sie sich ja im „Strahlungsgleichgewicht" befindet, d. h. ebensoviel Energie aufnimmt wie ausstrahlt.

Schon der Genfer Mathematiker Lesage (1724—1803) hat theoretisch gezeigt, daß man die Schwerkraft aus einer sehr durchdringenden Strahlung ableiten könnte, wenn es gelänge, solche Strahlungen zu entdecken. Da die Forscher übereinstimmend annehmen, daß ihre Nullpunktsenergie in Strahlenform im Weltäther vorhanden ist, ist alles Weitere leicht denkbar. — Es gibt auch noch

Leute, die die Schwerkraft hochmathematisch unter Zuhilfenahme der nichteuklidischen Geometrie zu fassen versuchen. Die Sache hängt mit der Unendlichkeit des Weltenraumes zusammen. Die Mathematiker wollen nämlich seit einiger Zeit an diese Unendlichkeit nicht recht heran, sie sagen deshalb, der Raum sei zwar endlich, erscheine aber darum unendlich, weil er in sich gekrümmt sei und in sich selbst zurückfließe. Man kann auch von einer anderen Vorstellung her zum selben Resultat kommen. Nämlich von der Vorstellung der vierten Dimension. Dem nichtmathematischen Leser muß erklärt werden, was man sich darunter etwa denkt. Diese vierte Dimension hat nichts oder nur wenig mit der der Spiritisten zu tun. Man sagt, ein Punkt hätte überhaupt keine Ausdehnung, eine Linie eine, eine Fläche zwei und beim Körper käme noch als dritte die Höhe dazu. Nun ist es logisch immerhin möglich, an etwas zu glauben, das sich zum Körper verhält wie dieser zur Fläche, also an einen vierdimensionalen Raum. Vorstellen kann man sich den natürlich nur sehr unvollkommen (wir sind ja dreidimensional organisiert), man hat sich daran gewöhnt, die dreidimensionalen Räume als „gerade“, die vierdimensionalen als „gekrümmte“ (positiv und negativ gekrümmte) zu bezeichnen. Der Weltraum soll nun, wie schon gesagt, ein vierdimensionaler gekrümmter Raum sein.

Augenblicklich sitze ich, während ich mir diese ganzen Sachen überlege, am Kaffeetisch und rühre mit viel Ausdauer, wenig Gedankenarbeit und wenig Zweck in der Kaffeetasse. Dieser Kaffee ist eine Flüssigkeit und auf seiner Oberfläche schwimmen, wie die Planeten im Weltäther, einige Luftbläschen. Der Vergleich geht noch weiter, die Bläschen streben nach Vereinigung, sie suchen zusammenzufließen und zu verschmelzen, es sieht so aus, als zögen sie sich gegenseitig an. Ich weiß, natürlich ist das keine Folge der allgemeinen Massenanziehung; die Kraft, die die Bläschen zusammentreibt, ist etwas, was eng mit der Flüssigkeitsnatur meines koffeinversetzten warmen Wassers zu tun hat: die sogenannte Oberflächenspannung. Wie nun, wenn auch die Schwerkraft nichts anderes wäre als eine Spannung an den Oberflächen des Lichtäthers an den unsichtbaren Begrenzungen der gekrümmten Räume des Weltalls?

Ich gebe das hier nur als Denkanregung, wie es auch von anderen nur als Möglichkeit besprochen wurde; am besten stellt man sich die Schwere als Strahlenart vor.

Nun komme ich zur bereits angedeuteten Frage der Reichweite des Schwerefeldes eines Weltkörpers. Ich habe erwähnt, Hörbiger behauptet, das Schwerefeld der Sonne erlösche in einer gewissen Entfernung. Er gibt auch die Entfernung an und nennt die vier- bis fünffache Neptunsweite. Das ist nun natürlich im Sonnensystem nicht nachzuprüfen, und Doppelsterne gewähren auch keinen rechten Anhalt. Wenn nun von anderer Seite gesagt wird, es stehe jedem frei, über die angegebene Hörbigersche Zahl hinaus an eine Wirkung der Schwere zu glauben oder nicht, und wenn auch die Frage für unser Raumfahrtproblem gleichgültig ist (solche Entfernungen kommen ja vorläufig gar nicht in Frage), so mag ich dem doch nicht ohne weiteres zustimmen. Erstens hat G. Strömberg vom Mount Wilson Observatory Berechnungen angestellt über die Fixsternbewegungen und ist dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß die Schwerefelder der kugelförmigen Sternhaufen (Entfernung bis zu 220 000 Lichtjahren) und der noch viel weiter (ein bis anderthalb Millionen Lichtjahre) entfernten Weltinseln der Spiralnebel wie des Andromedanebels noch in unserem Milchstraßensystem sich bemerkbar machen. Zweitens erscheint mir auch selbst unter Anerkennung der Theorie, daß die Schwere sich allmählich verzehrt, die fünffache Neptunsweite als Grenzpunkt mindestens tausendfach zu klein gegriffen. Denn wir werden doch wohl ohne weiteres zugeben müssen, daß die Schwerestrahlen, die sich noch nicht einmal wie die Lichtstrahlen abschatten lassen, mindestens ebensoweit reichen müssen wie diese.

Mit einer Grenze des Schwerefeldes in diesem Sinne werden wir also praktisch bei der Raumfahrt auch in alle Zukunft nicht zu rechnen haben. Man gebraucht jedoch den Ausdruck „Schweregrenze“ in einem anderen Sinne. Man sagt nämlich, da oder dort liege die Grenze z. B. der Erdschwere, und meint damit, daß an diesem Punkte das Schwerefeld eines anderen Gestirnes zu überwiegen beginnt. Diese Schweregrenzen innerhalb unseres Planetensystems ändern sich natürlich andauernd, da sie ja von der ständig wechselnden Stellung der Planeten untereinander abhängen. Sie werden sich also nur immer von Fall zu Fall durch Berechnung feststellen lassen.

Bleibt also die Frage, wie groß die Erdschwere ist. Diese Schwere äußert sich dadurch, daß ein Körper, dem die Unterstützung entzogen wird, herabfällt. Er erreicht dabei nach einer Sekunde eine Geschwindigkeit von 9,8 m. Diese sogenannte Schwerebeschleunigung bleibt sich gleich, d. h. die Geschwindigkeit wächst in jeder Sekunde um diesen Betrag. Könnte man also einen Gegenstand bis zum Mittelpunkt der Erde fallen lassen, würde er eine Geschwindigkeit von 7954,6 m in der Sekunde erreichen. Könnte man eine Granate mit dieser Anfangsgeschwindigkeit abschießen, so würde sie andererseits einen Erdhalbmesser, oder, in Zahlen ausgedrückt, 6370 km hoch steigen (es braucht wohl nicht betont zu werden, daß diese Zahl für die Praxis nicht stimmt, denn erstens ist es noch nicht gelungen, Geschütze mit derartigen Leistungen zu bauen, und zweitens würde der bei solchen Geschwindigkeiten recht erhebliche Luftwiderstand die ganze Rechnung über den Haufen werfen. Die Zahlen, die im folgenden genannt werden, gelten also für eine Erde ohne Atmosphäre; über den Luftwiderstand zu sprechen, wird Sache der Herren technischen Mitarbeiter sein).

Hätte man nun die Absicht, einen Gegenstand zwei Erdhalbmesser hochzuschleudern, so brauchte man nicht die doppelte genannte Geschwindigkeit, sondern, da die Schwere ja im Quadrat der Entfernung abnimmt, bedeutend weniger. Es ergibt sich folgende Tabelle:

Höhe in Erdradien (r)	Geschwindigkeit (7954,6 m/sek = 1)
2 r	1,155
3 r	1,225
4 r	1,265
5 r	1,291
6 r	1,309
7 r	1,320
beliebig	mindestens 1,415

Wie man ausrechnen kann, ist 1,415 etwa = 11 180 m/sek. Man nennt diese Geschwindigkeit die parabolische, sie genügt also, um jede gewünschte Entfernung zu erreichen, d. h. für uns, wir werden danach streben müssen, unseren hypothetischen Raumschiffen auf irgendeine Weise diese parabolische Geschwindigkeit zu erteilen, d. h. ins Technische übersetzt, wir müssen jedem Kilogramm Gewicht des Raumschiffes eine Energie von 6 370 000 m/kg (ein m/kg oder Meterkilogramm ist die Arbeit, die nötig ist, ein Kilogramm einen Meter hoch zu heben) mitgeben. Etwas reichlich viel, aber da die Techniker sagen, daß es möglich ist, muß man es vorläufig schon glauben. Der Beweis wird im Verlauf des Buches angetreten werden.

Nun wird ja auch nicht gleich mit einer Raumfahrt ins Unendliche angefangen werden. Man wird sich zu Anfang mit einem kleinen „Vorstoß in den Weltenraum“ begnügen. Dazu ist bedeutend weniger Kraft nötig, schon mit 1 km Geschwindigkeit kommt man 68 km hoch, also rund fünfmal so hoch wie der augenblickliche Weltrekord. Stellt man sich auch der Übersichtlichkeit halber hierfür eine Tabelle zusammen, so sieht sie so aus:

Geschwindigkeit in km/sek	Höhe in km
1	60
2	277
3	640
4	1310
5	1970
6	3820
7	6140
8	11950
9	29530
9,5	68400
11,2	∞ (unendlich)

Mit diesen einfachen Tabellen und den auch erfreulich unkomplizierten Keplerschen Gesetzen sowie der Newtonschen Gravitationsformel (an der höchstens im Sinne der Einsteinschen Relativitätstheorie, die übrigens nicht so auf der ganzen Linie gesiegt hat, wie man nach dem ersten großen Geschrei annehmen sollte, eine kleine Korrektur anzubringen wäre) haben wir die Schwerkraft in ihrer Größe und in ihren Wirkungen genau kennengelernt — und das genügt uns!

Zum Monde fliegen heißt die Schwere besiegen. Dazu ist aber nur die Kenntnis ihrer Wirkungen und ihrer Größe nötig, nicht die Kenntnis ihres Wesens. Genau so, wie, um einen noch leichter verständlichen Vergleich zu gebrauchen, zur Bekämpfung eines gereizten Tieres nur die Kenntnis seiner Stärke und seiner Angriffsweise nötig ist, — ohne daß man nun auch unbedingt wissen müßte, warum das Tier gereizt wurde.

Selbstverständlich hinkt dieser Vergleich, wie Vergleiche es immer tun, aber der Leser wird das „meinen“ aus dem „sagen“ herausschälen können. —

Bücher pflegen häufig eine Widmung zu haben. Auch dies Buch soll nicht ohne Widmung hinausgehen. Und ich widme es hiermit feierlichst der Öffentlichkeit, nicht zuletzt aber den Nörglern, die mit dem festen Vorsatz des „Auf-jeden-Fall-Widersprechens“ an die Lektüre herangehen. Auf den Weg gebe ich denen aber die Verse Jensens mit:

„Wer etwas allen vorgedacht,
Wird jahrelang erst ausgelacht,
Begreift man die Entdeckung endlich,
So nennt sie jeder — — selbstverständlich!“

Belebte Welten

Von Willy Ley

> „Der Luft, dem Wasser wie der Erden
> Entwinden tausend Keime sich,
> Im Trocknen, Feuchten, Warmen, Kalten!
> Hätt' ich mir nicht die Flamme vorbehalten,
> Ich hätte nichts Aparts für mich."
> (Mephisto.)

Eins der interessantesten Dinge ist das, über eine Neuheit irgendwelcher Art die Urteile möglichst verschiedenartiger Menschen zu hören.

Und so spreche ich denn mit Vorliebe mit allen möglichen Menschen über die großen technischen Gedanken unseres Jahrhunderts. Über Funktechnik, über Flugwesen und — last but not least — über das Raketenproblem.

Und dabei ist mir eins immer wieder aufgefallen. Der Fachmann, der das Wort „Mondrakete" hört, denkt und spricht zuerst von Wirkungsgrad, Andruck, Rückstoß, Keplerschen Gesetzen, Geschwindigkeiten und sonstigen mehr äußerlichen Dingen. Der Laie geht hier ausnahmslos tiefer. Das Technische nimmt er im größten Teil aller Fälle als gegeben — das kümmert ihn nicht und wird schon stimmen, wenn es auch höchstwahrscheinlich verdammt gefährlich sein wird —, ihn interessiert die aus der Raumfahrttechnik zwangsläufig resultierende endgültige Lösung seiner Lieblingsfrage. Die Frage nach der Belebtheit (der Laie allerdings sagt Bewohntheit) der Himmelskörper.

Es ist noch nicht lange her, da besuchte ich einen langjährigen und auch bedeutend älteren Freund. Was es Neues in Technik und Wissenschaft gäbe, fragte er, der mich über ein Jahr lang nicht gesehen hatte. Ich berichtete von dem Fortgang der Arbeiten am Raumschiffahrtsproblem. Er hörte mich ruhig an, ließ mich langwierig alle Einzelheiten ausführen, sagte gar nichts und trank aus

Gesundheitsrücksichten seinen Karlsbader Sprudel. Als ich dann endlich doch einmal Antwort erwartete, meinte er nur, daß er es dann ja wohl noch erleben werde, daß man genau wisse, ob es auf dem Mars Menschen gäbe oder nicht.

Diese Frage war unter allen Umständen und auf jeden Fall die wichtigste. Und ich bin fest überzeugt, daß ein ziemlich großer Teil aller Menschen, die gierig und mit brennenden Augen jede kleinste Notiz über Raketen verschlingen, dies nur tun, weil sie dunkel fühlen, hier ist das beste und sicherste Hilfsmittel der Astronomie im Werden, dessen Ergebnisse über Leben auf anderen Weltkörpern endlich einmal endgültig und vor allen Dingen endlich einmal unwidersprechbar sein werden. „Endlich einmal."

Man hatte langsam genug bekommen von den bisherigen astronomischen Ergebnissen. Der Laienwelt ist es ganz furchtbar gleichgültig, ob der Mond von der Erde 400000 km entfernt ist oder 430000 km. Oder eine noch andere Entfernung hat. Und ob die Sonnenflecke magnetisch geladen sind oder nicht. Ist ja ganz interessant zu hören, aber sonst... Ach ja, das ist nun schon einmal der Standpunkt der Laien, und es ist noch ganz besonders bedauerlich, daß es oft nicht einmal interessant zu hören und zu lesen ist.

Also man hatte langsam genug bekommen von astronomischen Ergebnissen. Man wollte endlich einmal etwas Neues und möglichst Unwidersprechbares haben. Und die Leere der Volksbildungsvortragssäle und die Fülle bei Boxveranstaltungen und sonstigen sportlichen Angelegenheiten stammt nicht zum geringsten Teile aus dem Wunsch, endlich einmal etwas anderes zu hören, zu sehen und zu erleben. Man sehnte sich nach etwas, das noch nicht abgegriffen war im ständigen Umlauf und Gebrauch. Das alles sagte mir mein Freund. Und fügte, während von der Fläche seines Radiolautsprechers Saxophonharmonien irgendeiner Revueweise erklangen, auch gleich eine Betrachtung darüber an, daß der Lärm der Jazzsinfoniker die beschwörenden Rufe der Sinfoniker alten Schlages nur deshalb übertöne, weil diese eben nichts mehr bieten könnten als altes Zeug, zu dem man schon eine besondere Stimmung haben müsse, um es mit Genuß zu hören.

Ich ließ die Rhythmik des Jazz weg aus meiner Antwort und meinte, er und alle die anderen Nichtfachleute, die das Forschen der Wissenschaft mit Interesse verfolgten, sehnten sich also nach einem Ding, das so sei wie sein Sprudel, den er trank. Juveniles Wasser, wie der Altmeister der Geologie, Eduard Sueß, sagte, Wasser, das noch nicht im Kreislauf des Naturhaushaltes gewesen sei. Jungfräuliches Wasser aus den tiefsten Tiefen der Erde, so wie der Brunnen von Karlsbad.

Ja, nickte er, deshalb halte ich zur Weltraumrakete, weil sie das ist, was Sie sagen, juveniles Wasser. Und wie dies wirkliche juvenile Wasser hier alte Leiden heilt, so wird das juvenile Wasser der Raumfahrttechnik die alten Leiden der Astronomie heilen. —

Und darunter das, dem Menschen endlich Auskunft geben zu können auf seine liebste Frage, der Frage nach den Brüdern im Weltenraum.

*

Die wirkliche Geschichte nun beginnt mit etwas, was zu dem juvenilen Wasser von Karlsbad eine ziemlich direkte Beziehung hat.

Dies Wasser ist letzten Endes etwas, was mit dem Vulkanismus der Erde eng zu tun hat, und vom Vulkanismus muß ich zuerst sprechen.

Ein Vulkanausbruch hat in seiner schaurigen Schönheit immer ein wenig etwas vom „Ruf des großen Pan“, des schaurigen Waldgottes. Es gibt Forscher, wie Bölsche und der schon erwähnte Arrhenius, der nun auch ins letzte Geheimnis eingegangen ist, die meinen, der sich ständig verstärkende und mehrende Ruf des großen Pan bedeute letzten Endes etwas Gutes für uns. Die Vulkane pusteten ständig größere Kohlensäuremengen in die Luft, und diese dauernd wachsenden Kohlensäureprozente gäben unserer Atmosphäre die Möglichkeit, die Sonnenstrahlung besser auszunützen und dadurch den letzten Rest der großen Eiszeit, in dem wir stecken, zu überwinden.

Sagte Arrhenius.

Bölsche hingegen meint, das sei vielleicht schon recht, das warme Normalklima der Erde, das sie während aller geologischen Epochen besessen habe, käme zurück, aber diese sich ständig häufenden Katastrophen aller Art deuteten vor allen Dingen an, daß die Erde mit uns allen in eine neue geologische Epoche hineinmutiere, eine neue warme Tertiärzeit mit Sumpfzypressen auf Grinnelland und Palmen und Kokos am Rhein. Und er sagt, der erste Ruf dieses großen Pan, oder konkreter gesprochen, das erste Zeichen des neu aufflammenden Vulkanismus, der die ganze Eiszeit hindurch geschwiegen hat, sei vielleicht der Ausbruch des Vesuv gewesen, in dem der dicke Plinius damals erstickte (und mit ihm Herkulanum und Pompeji) und der vielleicht auch im Sterben gedacht hat: Endlich einmal etwas Neues!

Uns interessiert eine vulkanische Begebenheit hier ganz besonders: die berühmte Katastrophe von Krakatau.

Also es war am 27. August des Jahres 1883, als der Vulkan Rakata auf dem Inselchen Krakatau in der Sundastraße explodierte. Das sonst für derartige Naturereignisse gebräuchliche Wort „ausbrach" ist hier unzulässig, denn weder von Rakata noch von den beiden kleineren Vulkankegeln Danan und Perbuatan blieb etwas übrig. Halb Krakatau flog in die Luft. Die Dampfsäule schoß ein halbes Hundert Kilometer hoch, undurchdringliche Finsternis verbreitend. Die Decks der Schiffe in der Nähe der Insel wurden von einem Aschenregen überschüttet, der binnen einer einzigen Stunde meterdicke Schichten bildete. Die Matrosen der Schiffe waren fast unfähig, Dienst zu tun, jeder Metallteil teilte heftige elektrische Schläge aus, und glühende Blöcke fielen aus den Lüften.

Eine 35 Meter hohe Bebenwelle raste über die See, vernichtete auf der 20 Kilometer entfernten Insel Sebesie alles Leben und forderte auf Java und Sumatra an vierzigtausend Menschenleben. Städte, Wälder, Eisenbahnen und sämtliche Schiffe wurden restlos vernichtet — ein wahrer Weltuntergang auf ziemlich großem Raum. Auf der See schwammen ganze Felder treibenden Bimssteins noch jahrelang nach der Katastrophe.

Die Bebenwelle rauschte in ihrem letzten Ausklingen noch bis gegen die kalifornische Küste, die Detonation hörte man bis Ceylon, Perth in Australien, Neuguinea, Saigon in Cochinchina[1]). Zehn Stunden danach schwankten die Barometer in Berlin, die Luftwelle kam mit tausend Stundenkilometern Geschwindigkeit an, 16 Stunden später dieselbe, die über Amerika gegangen war. 36 bzw. 34 Stunden nach diesen ersten Wellen kamen neue Schwankungen, sie hatten abermals die Reise um den Erdball beendet, nach 37 Stunden wieder, und so ging es fort bis zum 4. September.

Nun Krakatau selbst. Über die Hälfte der Insel war im Meere verschwunden, die Inseln Verlaten Eiland und Lang Eiland zwanzig

[1]) Zum Vergleich die europäischen Entfernungen: Hätte der Rakata bei Wien gelegen, dann hätte man den Donner der Explosion in Grönland, Spitzbergen, Nowaja Semlja, den ganzen Ural entlang, am Aralsee, am Kaspischen Meer, im Persischen Golf und in der Sahara gehört.

Meter tief unter Bimsstein verschüttet und durch Anschwemmung vergrößert, zwei immerhin mehrere Kilometer lange Inselchen gebildet, die allerdings nur kurzen Bestand hatten.

Jedenfalls aber: auf Krakatau und Verlaten Eiland war jedes Leben bis auf den kleinsten Bazillus absolut sicher vertilgt worden.

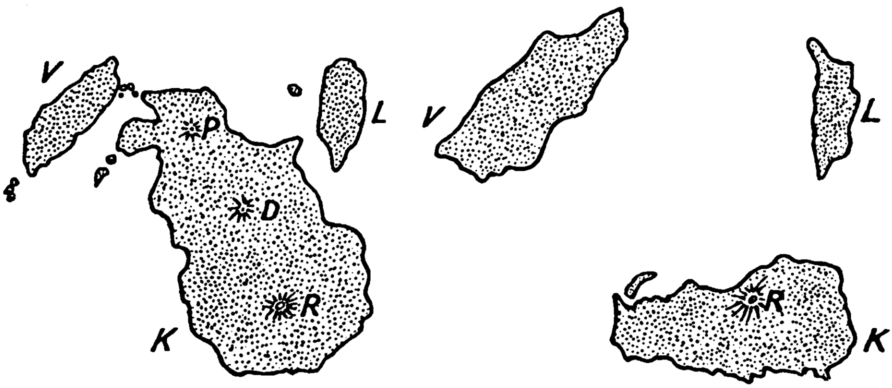


Abb. 4.
Krakatau vor und nach der Katastrophe.
K = Krakatau, *V* = Verlaten Eiland, *L* = Lang Eiland.
R, *D* und *P* die Vulkankegel Rakata, Danan und Perbuatan.

Die Inseln lagen im Meere wie ein neu entstandener Planet im Weltenraum.

Und diese ausgeglühte sterilisierte Welt wurde im Juni 1886 von einer wissenschaftlichen Expedition aufgesucht. Der Leiter war der hochverdiente Direktor des berühmten Botanischen Gartens von Buitenzorg bei Batavia auf Java, Melchior Treub. Treubs Expedition sah etwas, was sie zwar erwartet hatte, aber doch überraschend wirkte.

Das Leben begann die verlorene Welt zurückzuerobern.

Überall erblickte man schwärzlichgrüne oder blaugrüne kopfgroße Gallertklumpen, Kolonien von mikroskopischen Algen der vielbesagten Nostocgruppe, die oft scheinbar ganz plötzlich nach einem Regen auftreten und wie vom Himmel gefallen aussehen, so daß der Volksmund sie mit Sternschnuppen in Verbindung gebracht hat. Aber auch höhere Pflanzen waren zu finden. Nicht weniger als elf Arten tropischer Farnkräuter wurden beobachtet. Sie hatten sich das Leben an den Abhängen der Vulkanruine schon recht behaglich eingerichtet. Am Strande waren des weiteren noch neun verschiedene Strandpflanzenarten zu entdecken, im Innern der Insel grünten Gräser (erst zwei Sorten) und sogar schon Blumen (Kompositen in vier Arten). Es war ja nicht schwer zu sagen, wie diese Pflanzen dahingekommen waren. Die Strandpflanzen sicherlich mit Meeresströmungen, es waren ausnahmslos solche, deren Same auch im Seewasser längere Zeit die Keimkraft behält. Die Algen nun, deren Sporen sind so winzig, daß der leiseste Luftzug sie verfrachtet, die Farnsporen halten auch einen ansehnlichen Kleinheitsrekord inne, so daß man dieselbe Transportart annehmen muß. Der Luftweg kam auch nur für die Gräser und Kompositen in Frage, gerade unter den Kompositen gibt es viele, die ihre Samen mit besonderen Flugorganen ausrüsten, wie unser einheimisches allbekanntes Beispiel des Löwenzahns (mundartlich in manchen Gegenden Butterblume, Leontodon) beweist.

Fast 11 Jahre später machte Treub die zweite Fahrt nach Krakatau. Im März 1897. Unter Begleitung und Assistenz eines der besten deutschen Botaniker, Professor O. Penzig.

Da war die ganze Insel schon wieder fast grün.

Pandanus, Wolfsmilch, Gräser, Zypergräser (ziemlich stachlige Gesellen darunter), Trichterwinden in jeder gewünschten Menge, die giftige Leguminose Canavalia obtusifolia und sogar schon Palmen, deren Samen allerdings zum großen Teil ziemlich frisch angekommen erschienen und im besten Keimen waren. Es gab tropische Eichen (zwei Arten), Färbholzbäume Mangos, deren schöne Früchte allerdings noch zu erwarten waren, Zuckerpalme und die absolut unumgängliche Kokospalme.

Im Innern wogten Grassteppen mit mehr als mannshohen Halmen, verschlungen und durchsponnen von Winden und Schlinggewächsen aller Art. Die Algen und Farne des ersten Besuches waren inzwischen auf die Felsruine selbst hinaufgedrängt worden, im Humus ihrer Wurzeln wucherten schöne Erdorchideen und meterhohe Kompositen. Nun wandte sich die Expedition nach Verlaten Eiland. Das zwar nicht explodiert, aber klaftertief verschüttet war. Aber auf dem Schutt hatten sich schon ganze Wälder gebildet, Kasuarbäume, deren eigentliche Heimat Australien ist und deren scheinbar blattlose Zweige wie abgefressen und verdorrt herabhängen.

Der Generalappell dieses zweiten Besuches ergab: 22 Algen und niedere Pflanzen, 12 Farne und 50 höhere Pflanzen (Blütenpflanzen usw.). Vor 11 Jahren waren es 8 Algen, 11 Farne und 15 Blütenpflanzen gewesen. Als Transportweg erkundeten Treub und Penzig: Für alle Algen, Farne und 17 Blütenpflanzen der Wind, für 32 der letzteren die Wellen und für den Rest Transport durch Seevögel und Flughunde. Entweder auf dem für Pflanzensamen üblichen Wege durch die Verdauungsorgane der Tiere oder durch Samen, die zufällig an den Füßen gehaftet hatten.

Seitdem ist nun von seiten der botanischen Wissenschaft der Neubesiedelung Krakataus die größte Aufmerksamkeit gewidmet worden. 1906 waren es schon 114 verschiedene Pflanzenarten, natürlich war die Gesamtvegetation von der vor der Katastrophe erheblich unterschieden. Seit 1919 wird nun der Fortgang von dem holländischen Botaniker van Leeuven ständig verfolgt. Wobei er festgestellt hat, daß die Zahl der verschiedenen Arten sich seit 1906 nicht vergrößert hat, wohl aber die Individuenzahl und vor allem das gegenseitige zahlenmäßige Verhältnis. Die Farne sind ganz auf die höchsten Höhen der Insel zurückgedrängt worden, die Grassteppen zeigen starke und sich ständig vergrößernde Waldinseln.

*

Was hat das nun mit unserem Thema zu tun?

Es ist schon angedeutet worden. Krakatau war nach der Katastrophe geläutert, rein, jungfräulich, war „juvenile Erde", wenn man das Wort prägen will. Juveniler Boden, wie der Boden eines eben erkalteten Planeten, der noch kein Leben trägt.

Nach der allgemeinen Ansicht war auch unsere ganze Erde einmal ein solcher toter Krakataufels, der erst vom Leben erobert werden mußte. Die verschiedenen Theorien, wie es unserer lieben dicken Erde selbst in der ganzen Zeit seither erging, lauten ja eben verschieden. Tatsache ist doch aber, daß alle Theorien annehmen, daß das Leben auf der Erde einmal einen Anfang gehabt haben muß, was sie von der Erde selbst sagen, ist uns hier gleichgültig.

Also der Anfang.

Seit Darwin haben wir eins mit ganz untrüglicher Sicherheit begriffen: Die Lebewesen der Erde sind veränderlich. Sie haben die Fähigkeit, sich anzupassen. Das erscheint jedem von uns jetzt so selbstverständlich, daß es kaum noch denkbar ist, daß man einmal glaubte, jedes Tier, jede Pflanze sei noch heute so wie am Tage der Schöpfung, jedes Vogelfederchen, jedes Eidechsenschüpplein, jedes

Pflanzenblatthärchen sitze jetzt genau noch so, wie Gott es seinerzeit geschaffen habe.

Seit Darwin also sind wir auf die Veränderlichkeit und Anpassungsfähigkeit der Lebewesen gekommen, wobei erwähnt werden mag, daß Darwin schon Vorgänger hatte, die Franzosen Geoffroy St. Hilaire und Jean Lamarck und unter anderen auch unseren Goethe. Die nächste Folgerung daraus war nun, daß die Lebewesen untereinander auch blutsverwandt seien, daß die großen Abteilungen der Tiere und Pflanzen wie zwei Bäume aus dem Rasen der Einzeller hervorgewachsen seien.

Seit dieser Folgerung nun wurde und wird an allen Ecken und Enden ganz entsetzlich polemisiert, gestritten und auch gar nicht wenig geschimpft und an der klaren Urteilskraft des anderen (nur des anderen selbstverständlich!) gezweifelt. Der eine wollte nicht vom „Affen abstammen“ und hatte nicht die geringste Lust, seinen Stammbaum auf dem Baumstamm zu suchen, der andere wieder freute sich, daß die Menschheit eine solche Familie von erfolgreichen Emporkömmlingen sein sollte, der dritte fand wieder irgendwo im Stammbaum eine kleine Unregelmäßigkeit und redete daran so lange herum, bis jeder zu der Überzeugung kommen mußte, der ganze Stammbaum zerfalle zu Kleinholz, das gerade noch gut genug war, um sich den Ofen damit zu heizen. Dem vierten ging es wieder ganz besonders um seine unsterbliche Seele, und er verlangte vom lieben Gott eine Separatbuchung (banktechnisch ausgedrückt: Per Gott, An Mensch, Separatkonto „Geist und Seele“) dafür, der fünfte fand das Wort „Entwicklung“ unerträglich und redete von höherschraubender Anpassung, weil ihn das andere so an Photographenplatten erinnerte, der sechste wollte es noch wieder anders haben, und so tobte ein Feder- und Kathederkrieg, bei dem die einzigen, die sich nicht aufregen brauchten, die Entwicklungsmechaniker selbst waren, weil alle Gegner sich untereinander ja schon immer mit genau denselben Tatsachen das Gegenteil bewiesen. Herausgekommen ist bei dem ganzen Spektakel bis dato nur so viel, daß die Gegner selbst immer mehr entwicklungsmechanische und vererbungsmathematische (die Vererbung spielt eine besonders große und unerfreuliche Rolle) Gedanken in Umlauf setzten und man sich jetzt eigentlich nur noch um Stammbaumeinzelheiten und darum streitet, ob die Abänderung bzw. Entwicklung ganz langsam, Schrittchen für Schrittchen ging, oder in ziemlich großen Sprüngen (Mutationen oder Verwandlungen). Die Mutationisten gewinnen, nebenbei bemerkt, jetzt immer mehr Gelände und tragen viel zur Klärung ganz verzwickter Fragen bei.

Aber auch das interessiert hier nicht, da wir für unsere weitere Untersuchung nur die fast ganz unbestrittene Tatsache anzuerkennen brauchen, daß höhere Tierarten von niedrigeren abstammen, und die absolut anerkannte, daß die Lebewesen sich an die Verhältnisse der Umwelt anpassen können, was schon der alte Buffon ganz modern angenommen hatte[1]).

Für uns ist von dem ganzen Gerede nur von Wichtigkeit, daß wir den nackten Krakataufels „Erde“ zu Anfang nur mit ganz niedrigen und einfachen (das ist zumeist identisch mit widerstandsfähigsten) Lebewesen zu besiedeln brauchen, alle Spezialanpassungen machte das Tier- und Pflanzenvolk dann schon ganz allein.

Zeit hatte es ja genug dazu, wie eine neuentdeckte Erduhr beweist. Diese neuentdeckte Erduhr ist die genau bekannte Geschwindigkeit der Umwandlung radioaktiver Substanzen, mit der man (in fast vollkommener Übereinstimmung mit den Rechnungen nach verschiedenen anderen Methoden) von der alten geologischen Epoche des Kambriums bis heute eine runde Milliarde Jahre herausrechnet! Und dies Kambrium war ganz bestimmt noch nicht der „Anfang“, vor der kambrischen liegt noch die algonkische Epoche, und vor der algonkischen bestand unsere Erde ganz gewiß auch schon eine ganze Zeit. Also wir haben nun: Zeit, um alle Anpassungen entstehen zu lassen, und die an Gewißheit grenzende Wahrscheinlichkeit, daß niederste Wesen die ersten Bewohner der Erde waren (wie auf Krakatau die Algen).

Damit geraten wir an die Hauptfrage: Wo kam nun dies erste Leben her?

*

Im Anfang war die Erde feuerflüssig.

So heißt es. In der ganzen älteren Geologie zog man daraus den Schluß, daß der Erdkern jetzt noch glühend sei. Glühendgasförmig, darüber eine glühendflüssige Schicht und dann, dünn wie die Schale eines Eis, die erkaltete Rinde. Diese Ansicht hat man jetzt

---

[1]) Eine ausgezeichnete Darstellung der widersprechenden Theorien findet man in Tschuloks „Deszendenzlehre“. Populär dargestellt ist eine Zusammenstellung mit Beweisen u. a. in meinem Buche „Eiszeit“, Erfurt 1928.

aufgegeben, und es gibt eine starke Forscherpartei, die uns sogar einen Erdkern aus Nickeleisen (abgekürzt Nife, von Nickel und dem lateinischen Wort Ferrum für Eisen) beweist. Auf diesem Nife soll sich eine plastische und auch ziemlich heiße Schicht „Sima“ (Silizium oder Kieselstoff und Magnesium) befinden, auf der die „Sial“schollen der Kontinente (Silizium und Aluminium) treiben. Wirklich treiben, meint Wegener, sie sollen ihre Lage gegeneinander verändern können. Jedenfalls bleibt aber für die Erde eine Zeit, da sie für Leben nicht bewohnbar war.

Zu unseren beiden Tatsachen kommt nun die dritte: Das Leben muß einmal angefangen haben, sonst wäre es nicht da.

Dabei tut sich nun ein ganz bestimmter logischer Schluß auf Urzeugung.

Entstehung des ersten Lebens aus „toter“ Substanz.

Zunächst erscheint das ja ein wenig kühn.

Aber ich will Beispiele aus der wissenschaftlichen Literatur geben.

„Der Vorgang, den wir Leben nennen, spielt sich in jedem Falle an einer gewissen, nicht durchweg gleich, aber immer ähnlich erscheinenden, halbflüssigen, zumeist in äußerster Feinheit schaumartig gemischten Substanz, dem Protoplasma ab. Was diese Substanz an chemischen Grundstoffen enthält, ist nichts Besonderes: kein einziger ist dabei, der in der toten Welt nicht auch zu finden wäre. Vor allem Kohlen und Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel, ihre nie fehlenden Elemente, miteinander (und einigen weiteren) verbunden zu reichlichem Wasser, Salzen und vielerlei verwickelten, das Lebendige bezeichnenden Stoffen, den Kohlehydraten, Fetten und Eiweißkörpern. Der Lebensvorgang aber besteht darin, daß solch ein wasserreiches Gemisch von hoch zusammengesetzten und wenig beständigen Stoffen nicht baldigst zerfällt, im Wasser zerfließt, an der Luft vertrocknet, sondern ‚sich erhält‘, — und zwar erhält, wie eine Kerzenflamme sich erhält: indem zerfallende Stoffe und schwindende Teile in ständigem Wechsel durch gleichartige ersetzt und erneuert werden. Zu dieser erhaltenden Tätigkeit bedarf es der Arbeitskraft, der ‚Energie‘. Sie fließt dem Protoplasma aus der Umgebung zu. Licht und Wärme dringen von außen ein. Mit chemischer Energie beladene Stoffe werden aufgenommen, zersetzt und umgebaut, frei werdende Kräfte im Lebensbetrieb verbraucht, die Trümmer ausgeschieden. So zieht ein Strom von Stoffen und Kräften durch das Lebendige, wie er durch eine Flamme zieht, und beide erhalten sich durch diese kreiselnde Strömung, solange sie eben dauert. Es ist nicht einzusehen, warum nicht irgendwo und irgendwann das Kräftespiel der anorganischen Welt, wie es die Flamme bildet, zufällig auch die Elemente, die jetzt im Protoplasma enthalten sind, erstmalig zu Körpern zusammengeführt haben sollte, denen die Eigenschaft des Sicherneuerns und Sicherhaltens, des ‚Lebens' gegeben war ... Vielleicht ist die lebende Substanz nicht nur einmal, sondern oft, vielleicht in mancherlei Abart gebildet worden. Und wann und wo die Umstände dafür günstig waren, mag eine bestimmte Art lebendiger Substanz von Anfang an in einer Vielzahl einzelner Individuen, wie Wasser sich in Billionen Tröpfchen niederschlägt, zustande gekommen sein" (Prof. O. zur Strassen). In diesen Worten des Herausgebers des „Brehm" ist uns etwas außerordentlich Wichtiges gegeben, ein Teil einer Definition, was „Leben" eigentlich ist. Zunächst einmal sind in der lebenden Substanz nur die chemischen Grundstoffe vorhanden, die es in der toten (oder anorganischen) Natur auch gibt. Dann aber, und auch das ist wichtig, ist das Leben ein „Vorgang", in der anorganischen Natur ebenfalls bekannt. Alles das überbrückt die Kluft schon ganz wesentlich. Das Leben als Vorgang ist eine Kerzenflamme, die uns als Dauergebilde erscheint, in Wirklichkeit aber immer etwas anderes ist; der erlöschende Funke der chemischen Teilchen, die sich soeben mit Sauerstoff verbunden haben, hat noch die Kraft, am Urmaterial (dem Stearin der Kerze) einen neuen Funken zu entzünden, so lange, bis die ganze Kerze verbrannt ist und die Flamme deshalb stirbt!

Fast genau so bei einem Tier. Es braucht zum „Brennen" Sauerstoff und Nahrung, wenn eins von den beiden erlischt, dann stirbt es. Und es bildet aus der rein chemischen Umsetzung fremder Stoffe die eigenen (der Menschenmagen und der übrige Verdauungsapparat aus Hühnereiweiß beispielsweise Menscheneiweiß) und ist damit „Gleichesbildner" und „Selbsterhalter". Freilich, das Tier stirbt einmal, auch wenn stets Nahrung und Sauerstoff in ausreichender Menge vorhanden sind. Der Lebensvorgang selbst ist eben wohl zu kompliziert, als daß nicht doch allmählich kleine Entgleisungen stattfinden, die zum Schluß die Endkatastrophe „Tod" herbeiführen. Eine Zeitlang gab man sich übrigens viel Mühe, den Nachweis zu führen, daß doch auf Erden ein ganz bestimmtes im wahrsten Sinne des Wortes unsterbliches Leben existiert. Man suchte es in den einzelligen Lebewesen, die sich einfach durch Teilung vermehren. Da dabei keine Leiche übrigbleibt, die neuen Individuen, die ja nur die Teile des alten sind, sich auf dieselbe Art weiter fortpflanzen, so wurde nachdrücklichst verkündigt, daß diese Wesen eben unsterblich seien. Man experimentierte viel daran herum, einige wiesen „Unsterblichkeit" über lange Generationenketten nach, andere wollten doch einmal Tod ohne Fortpflanzung gesehen haben. Die ganze Frage aber ist schließlich müßig, denn in jedem höheren Tier, das eine reguläre geschlechtliche Fortpflanzung hat, bleiben die Geschlechtszellen der Elterntiere ja auch in der Nachkommenschaft am Leben.

Nun also: Lebendige Substanz ist chemisch von der toten nicht verschieden. Nur ist sie sehr kompliziert. In dem zitierten Abschnitt Prof. O. zur Strassens waren nur die Elemente genannt. Die Verbindungen, die im Plasma, der Substanz, die der eigentliche Lebensträger ist und die, wie man nun endlich festgestellt hat, schaumartige Struktur hat (siehe Abb. 5a und 5b), festgestellt wurden (von dem Botaniker Reinke), sind folgende:

Wasser	Lezithin
Kochsalz	Xanthin
Kohlensaurer Kalk	Cholesterin
Kohlensaures Ammonium	Harze
Phosphorsaures Kalium	Farbstoffe
Phosphorsaures Kalzium	Traubenzucker
Phosphorsaures Eisen	Aminosäuren
Phosphorsaure Ammoniakmagnesia	Verkettete Aminosäuren
Glyzerin	Muskeleiweiß
Freie Kohlenstoffsäuren	Dottereiweiß
Kalzium, gebunden an niedere Kohlenstoffsäuren	
Kalzium, gebunden an höhere Kohlenstoffsäuren	
Kerneiweiß	Unbestimmbare Substanzen 5%.

Wie jeder, der einigermaßen der Sache kundig ist, sofort sieht, könnte man diese Liste, wenn man nur ein wenig spezialisiert, auf jede beliebige Länge bringen. Noch komplizierter wird die Geschichte dadurch, daß jedes Tier und jede Pflanze natürlich ihre eigene Eiweißsubstanz hat, die von allen anderen verschieden ist. Unsere Chemiker sind noch nicht so weit, daß sie die verschiedenen Eiweißarten voneinander unterscheiden können, man kann nur durch physiologische Reaktionen (Einspritzung von Blutserum usw.) feststellen, daß jedes Lebewesen eben sein besonderes Eiweiß hat. Bedenken muß man auch noch, daß der Körper der höheren Tiere selbst noch ein ungeheures chemisches Laboratorium ist, in dem zu Verdauungs- und sonstigen Zwecken die (in ihrer Formel) entsetzlichsten chemischen Verbindungen hergestellt werden.

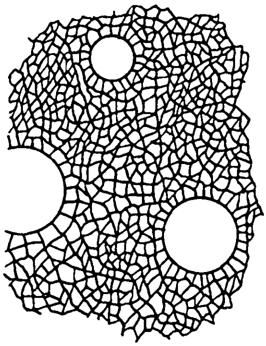


Abb. 5a.
Ölseifenschaum.

Um in das Problem auch nur einigermaßen wieder Ordnung zu bekommen, wollen wir einmal überlegen, was nun wohl durch Urzeugung da auf dem toten Erdball als erst gebildet werden mußte, Tiere oder Pflanzen. Niederste Tiere oder Pflanzen natürlich. Die Antwort ist sehr leicht. Pflanzen.

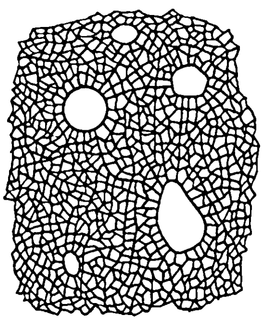


Abb. 5b.
Protoplasma nach Bütschli.

Denn das Tier schmarotzt ja an der Pflanze. Nur die Pflanze vermag ein Stückchen Urzeugungsprozeß nachzumachen, anorganische Substanzen für ihren Aufbau zu verarbeiten. Das Tier lebt nur von organischer Substanz, frißt Pflanzen oder andere Tiere. Die Pflanze macht die anorganischen Substanzen nutzbar, mit Hilfe des grünen Farbstoffes ihrer Blätter, des Chlorophylls. Auch dies Chlorophyll ist eine Eiweißverbindung, nahe verwandt dem roten Farbstoff unseres Blutes, dem Hämoglobin, seine chemische Formel stimmt hoffnungslos. Diese Verbindung können wir nicht nachmachen. Und selbst wenn es gelänge, wäre der Erfolg zweifelhaft, man hat neuerdings nachgewiesen, daß auch die Pflanze wahrscheinlich nur mit Hilfe der Stickstoffbakterien, die in Wurzelknöllchen sitzen, arbeiten kann, ebenso wie die ganze tierische Verdauung ohne die im Darm lebenden Darmbakterien nicht vonstatten gehen kann.

Unwillkürlich läßt man einen Augenblick das Grübeln sein und erinnert sich, wie bequem es die Leute früher doch mit ihrer Urzeugung hatten.

„Das strenge Mittelalter, das sein Naturbild rein biblisch aufbaute, sah in der Urzeugung als einen noch heute andauernden Prozeß etwas Selbstverständliches. Im Anfang hatte Gott geschaffen; aber daneben lief Urzeugung aus organischer Materie bis heute. Ihren Beginn markierte durchweg die Seh- oder doch die genauere Beobachtungsgrenze. Das Kalb kam von der Kuh, die im Anfang geschaffen worden war nach dem allgemeinen Vermehrungsgesetz; die Fliegenmade im Aas aber, der Bandwurm im Menschen, der Floh in der Dielenritze entstanden durch ewig erneute Urzeugung. Die niedliche Legende im Buch der Richter: wie Simson den jungen Löwen erwürgt und wiederkehrend in dem Aas einen Schwarm Bienen und Honig findet und wie er daran sein berühmtes Rätsel knüpft, daß Speise von dem Fresser, Süßigkeit von dem Starken ausgegangen sei, wurde als heilige Gewähr genommen. Wer hier eine Mangelhaftigkeit des ursprünglichen göttlichen Schaffens fürchtete, der nahm mit Augustinus an, daß Gott außer den wirklichen Tieren zu Beginn auch eine fortzeugende Kraft in Staub und Schlamm hineinerschaffen habe [1]). Gegen diese naive Vorstellung wandten sich erst Franziskus Redi um 1670 und seine Nachfolger, indem sie zeigten, daß keine Maden im Fleisch entständen, wenn man die Schmeißfliegen hinderte, ihre Eier hineinzulegen. Die einfache Küchenerfindung des Fliegenschrankes schien das große Problem endgültig zu lösen, wobei uns heute als interessante Zutat erscheint, daß Redi und seine Schule deswegen als Ketzer an der kirchlichen Tradition galten" (Bölsche, Stirb und Werde).

Ach ja, wie leicht ist es, sich ein allumfassendes, „unerreicht geschlossenes Weltbild" zu bilden, wenn man wenig oder gar nichts weiß! Alle diese Dinge sind uns leider, leider keine Urzeugung mehr, und über die streng wissenschaftlichen Fachforscher des neun-

[1]) Dieser heilige Augustinus war, wie ich zu diesem Zitat noch bemerken möchte, überhaupt ein rechter Ketzer. Nicht nur Urzeugung im Schlamm, sondern auch Entwicklung predigte er. Er meinte, wem es zu schwer sei, sich die Schöpfung in sechs Tagen zu denken, der könne sich schließlich auch eine generatio indirecta vorstellen, denn Gott habe ja auch die Meerestiere nicht erschaffen, sondern das Meer beauftragt, sich zu beleben, die Erde, die Kräuter hervorzubringen, und Eva aus Adam genommen. Überhaupt schmiß man mit Entwicklung ziemlich um sich und verkündete: Ergo materies avibusque et piscibus una est, also wenn an Fasttagen der Fisch fehle, könne man, sie hätten ja dasselbe Fleisch, auch Geflügel . . .

zehnten Jahrhunderts, die erst sehen mußten, daß ein anderer Finnen verschluckte (und natürlich prompt Bandwürmer bekam), um zu glauben, daß dieser liebe Tiefengast unseres eigenen Leibes kein Urzeugungsprodukt ist, lächeln wir.

Wohlgemerkt aber: Die Urzeugung, die man damals meinte, ging immer von an und für sich organischen Substanzen aus. Selten von unorganischen. Als nun aber die Chemie die lange brennende Streitfrage durch die Tat löste, auch organische Substanzen aus unorganischen künstlich (synthetisch, wie der Chemiker sagt) herzustellen (der Harnstoff hat den Ruhm, der erste organische Körper zu sein, bei dem es gelang), mußte man immer mehr an die Urzeugung in dem Sinne, wie wir sie bisher stets im Auge hatten, gelangen.

Doch inzwischen war man auch an die ungeheuerlichen Kompliziertheiten der lebenden Substanz gelangt, so daß Ernst Haeckel schließlich die Sache in zwei Stufen abmachen wollte. In der einfachen Erzeugung unorganisierter lebender Substanz und in der Organisierung dieser. Oder, wie es in den „Welträtseln", den vielumstrittenen, heftig angefeindeten und noch mehr gelesenen mit einigem Fremdwortverbrauch heißt: „Ich beschränke den Begriff der Urzeugung — als Archigonie oder Abiogenesis — auf die erste Entstehung von lebendem Plasma aus anorganischen Kohlenstoffverbindungen und unterscheide als zwei Hauptperioden in diesem ‚Beginn der Biogenesis' 1. die Autogonie, die Entstehung von einfachsten Plasmakörpern in einer anorganischen Bildungsflüssigkeit, und 2. die Plasmogonie, die Individualisierung von primitivsten Organismen aus jenen Plasmaverbindungen, in Form von Moneren." Eine Weile glaubte man denn auch, den „Urschleim", den Bathybius Haeckeli, auf dem Grunde der Weltmeere entdeckt zu haben, es war ein direkt humoristischer Irrtum.

Also, das Grundmotiv klingt wieder auf, es sollen einzelne Zellen, möglichst auch gleich mit Zellkern (die zellkernlosen Moneren Haeckels waren auch ein Irrtum, hervorgerufen durch die damals noch nicht fehlerlose Art der mikroskopischen Färbetechnik usw.), irgendwo entstehen. Natürlich auch mit Blattgrün, sonst müßten sie sich ja gleich gegenseitig auffressen.

Ob das letztere allerdings nötig ist, darüber haben wir jetzt auch schon wieder Zweifel.

Wieder einmal Bazillen (wir werden über dies Volk noch viel zu reden haben) zeigen noch eine neue Möglichkeit. „Die Überwindungskraft des Lebens hat auf unserer Erde das kaum Glaubliche zuwege gebracht, daß ein Lebewesen, allen pflanzlichen Erfahrungen widersprechend, ohne Sonnenlicht, im Dunkel des Schlammes und ohne Chlorophyll (Blattgrün) Kohlensäure zu reduzieren vermag und die Reduktionsprodukte zu komplizierten Verbindungen aufbaut. Diese Lebewesen, Thiobacillus denitrificans, und sein Partner, Thiobacillus thioparus, leisten dasselbe wie die Pflanze, deren chemisches Laboratorium aber zwei Grundbedingungen hat, ohne die es nicht arbeiten kann: Sonnenlicht und Blattgrün. Der Thiobazillus zeigt, daß es auch ohne Sonnenlicht und Blattgrün geht. Das gibt zu denken" (Gramatzki).

Also schön, es können auch Thiobazillen sein, — jedenfalls keine Tiere, denn Tiere (die Bakterien rechnet man allgemein zu den Pflanzen) haben weder Chlorophyll noch die Thiobazilleneigenschaft[1]).

Nun geht es doch aber wirklich nicht, wie es die Botaniker Wigand und Reinke einmal allen Ernstes gemacht haben, diese Urzelle per Wunder entstehen zu lassen. Wenn nun aber unser Flammenvergleich einen tieferen Sinn noch hätte? Wenn schon zur Zeit der feurigen Erde ein allerdings etwas anderes Leben existiert hätte, aus dem das Leben der heutigen Art entstand?

Es führt das in die tiefe philosophische Spekulation von der Ewigkeit des Lebens, die wohl am folgerichtigsten von dem Physiologen Preyer ausgebildet wurde. Preyer wandelte den Grundsatz Harveys „Omne vivum ex ovo" (Alles Leben stammt aus einem Keim) in den Satz „Omne vivum e vivo" (Alles Leben stammt von einem Lebendigen) um und redete von feuerbeständigen Vorfahren des heutigen Lebens. Im Anschluß an die Naturphilosophie Gustav Theodor Fechners hielt er sogar dies Feuerleben für bedeutend „glühender", intensiver, als das heutige, das eigentlich nur noch Schlacke sei.

---

[1]) Die in manchen älteren Lehrbüchern noch verbreitete Meinung, daß gewisse Tiere doch Blattgrün hätten, beruht auf einem Irrtum. Der kleine Hydrapolyp unserer Wasser, bekannt dadurch, daß man ihn in kleine Stückchen von minimaler Größe zerhacken kann, ohne ihn zu töten, ist zwar grün, aber die Farbe stammt von kleinen Algen, die in seinem Innern leben (Intrazellulare Symbiose).

So schön sich das anhört, so unwissenschaftlich ist es. Man darf keinesfalls etwas Unbekanntes durch etwas eigens zu dem Zweck Erfundenes erklären. —

Ich gebe nunmehr erst dem ausgezeichneten Hallenser Anatomen Wilhelm Roux das Wort: „Eine seit langem gesuchte rein chemische Definition des Lebens ist nicht möglich, weil auch physikalisches Geschehen wesentlich mitbeteiligt ist, das nicht bloß die Folge der chemischen Konstitution ist, sondern auch auf besonderer physikalischer Struktur beruht. Die Definition der Lebewesen kann zurzeit nur auf Grund der uns bekannten Leistungen der Lebewesen geschehen. Die Lebewesen sind danach im Minimum Naturkörper, welche 1. fremdbeschaffene Stoffe in sich aufnehmen (Selbstaufnahme) und 2. diese in ihnen, den Lebewesen, gleiche Substanz umwandeln, sie assimilieren (Selbstassimilation), 3. sich aus in ihnen selbst liegenden Ursachen verändern (Dissimilation, z. B. Verbrauch von Eiweiß, Fett usw.), gleichwohl aber 4. durch Selbstausscheidung des Veränderten (Ausscheidung von Kohlensäure, Harnstoff usw. bei den Tieren, Sauerstoff usw. bei den Pflanzen) und 5. durch Selbstersatz desselben durch Nahrungsaufnahme und Selbstassimilation sich ganz oder fast ganz unverändert erhalten können und 6. durch Überkompensation im Ersatze des Verbrauchten wachsen können (Selbstwachstum), ferner 7. aus hauptsächlich in ihnen liegenden Ursachen sowohl sich zu bewegen (Selbstbewegung, Reflexbewegung) als auch 8. sich zu teilen (Selbstteilung, Selbstvermehrung) vermögen und dabei 9. ihre Eigenschaften vollkommen auf die Teilungsprodukte übertragen (Vererbung). Es erübrigt noch zu betonen, daß alle diese längst bekannten Leistungen zusammengehören, und daß sie ihrer besonderen Art nach wesentlich in den Lebewesen selber bestimmt, ‚determiniert', sind, wenn auch ihre ‚Vollziehung' vielfach von äußeren Faktoren abhängig ist und die Leistungen ihrer Art nach etwas durch äußere Einflüsse modifiziert werden können. Ihre Gesamtheit bewirkt das Besondere der Lebewesen und zugleich die hochgradige ‚Selbsterhaltungsfähigkeit'."

Also das Hauptkennzeichen des Lebens ist nicht eine besondere Struktur, sondern seine Äußerungen.

Nun höre ich aber den Leser schon räsonieren, ob man denn nicht irgendwelche Analogien aus der unbelebten Natur kenne, und ob man nicht mit Hilfe des alleinseligmachenden Experimentes . . . Davon aber will ich gerade erzählen.

Im Mineralreich gibt es nämlich eine ganze Gruppe von Mineralien, die in ihrem Verhalten mit dem lebendiger Wesen eine ganz verblüffende Ähnlichkeit haben.

Die Kristalle. Auch sie wachsen langsam und allmählich, auch sie setzen „Tochterkristalle“ an („gestorbene“ Kristalle hat man allerdings noch nicht gesehen, aber sie könnten ja ungeheuer „langlebig“ sein) und ergänzen abgebrochene Stücke durch Wachstum. Aber! Ein Kristall wächst nur in seiner Lauge des gleichen chemischen Stoffes, nicht in der anderer, er hat keine Selbstassimilation, und das ist schließlich entscheidend. Da hilft auch die ganze hübsche Analogie von „Anpassung“ (manche Stoffe hindern andere am Kristallisieren) nichts.

Also auch die Kraft des Wachstums tut es nicht, ebensowenig wie die chemische Zusammensetzung. Lebendes und totes Eiweiß sind sich chemisch gewiß fast gleich, der kleine Rest ist aber doch wohl das Ausschlaggebende.

Nun, „im Anfang war die Tat“, das Experiment, denn man kann die reine Theorie „so hoch unmöglich schätzen“.

Die erste „Tat“ in dieser Hinsicht war ja die Wöhlers im Anfang des neunzehnten Jahrhunderts gewesen, als er den Harnstoff synthetisch herstellte. Dieser Tat folgten viele andere in der gleichen Richtung, „schon hat man ganz einfache eiweißartige Körper, ebenso wie Kohlehydrate und Fette, durch Synthese hergestellt“ (Emil Fischer), bis zu einer wirklichen lebendigen Zelle sind wir aber noch nicht gekommen.

Und, Bölsche hat den Gedanken einmal ausgeführt, es wäre auch nicht viel damit gewonnen. Denn entweder, die Zelle würde ganz plötzlich „durch Zufall“ entstehen, dann wüßten wir vom Geheimnis des Lebens immer noch nichts, oder sie würde systematisch hergestellt werden, und dann müßte der betreffende Forscher das Geheimnis des Lebens schon vorher gekannt haben.

Es wäre aber vielleicht doch einmal eine dankbare Sache, sich die Möglichkeit der Geschichte zu überlegen.

Derselbe Roux, den ich soeben zitierte, hat einmal als Denkanregung hingeworfen, daß die 9 Thesen, die nach ihm in ihrer Gesamtheit das Leben ausmachen, sich auch erst allmählich entwickelt hätten. Ich muß gestehen, daß ich mir das nicht recht vorstellen kann, interessant ist ja allerdings, daß in der „toten“ Natur verschiedene Körper gewissermaßen einen Anlauf zum Leben genommen haben, indem sie die eine oder die andere dieser Thesen in geringem Maße erfüllen.

Wie könnten wir uns nun das Experiment aber denken?

Etwa so: Man stellt zunächst synthetisch einen möglichst komplizierten Eiweißkörper her, der die eine oder die andere Eigenschaft hat, versucht dann, ihm auch die anderen „anzugewöhnen“. Aus dem Eiweißkörper allein würde noch kein rechtes „Leben“ folgern. Professor Schwalbe sagt: „Das unbefruchtete Hühnerei enthält chemisch durchaus dieselben Stoffe wie das befruchtete. Die chemische Änderung, die durch die Befruchtung hervorgerufen wird, kann nur eine ganz minimale sein. Wir haben allen Grund anzunehmen, daß die männliche Keimzelle, die zur Befruchtung notwendig ist, in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht allzu weit abweicht von dem Stoffe, der die Keimscheibe des Hühnereis bildet . . .“

Nun haben wir aber im Laboratorium schon seit Jahrzehnten eine gebräuchliche Methode, etwas wie eine „Urzeugung“ zu erzielen. Das Ei eines Tieres ist zwar „lebendig“, unbefruchtet würde es aber über kurz oder lang sterben. Um wirklich lebendig zu werden, muß es befruchtet werden, — aus vollkommen unbefruchteten Eiern entwickelt sich nur in seltenen Fällen ein Tier (hauptsächlich im Insektenreiche, — bei Wirbeltieren vollkommen unmöglich). Es ist aber der Forschung gelungen — hauptsächlich und zuerst bei Eiern des Seeigels —, diese Befruchtung ohne die männliche Samenzelle, durch rein chemische oder mechanische Reize (Zusätze zum Seewasser oder bloßes Bürsten, gewisse Schmetterlingseier und sogar Froscheier durch Anstechen mit einer Nadel) künstlich zu erzeugen! Wenn es nun einer künftigen Chemie gelänge, das Eiweiß des Seeigels mit allem Drum und Dran selbst auch noch zu erzeugen, dann . . .

Aber das sind Träume! Und das Lebensrätsel wäre trotzdem nicht gelöst.

Nur um zu zeigen, daß man nicht verzagt, will ich noch die sehr interessanten Experimente Dr. Kuckucks erwähnen. Kuckuck definiert den Unterschied zwischen lebendem und totem Eiweiß bzw. Plasma damit, daß totes elektrisch neutral sei, anderes nicht. Die Theorie selbst interessiert hier nicht mehr (von Theorien haben wir nachgerade genug), desto mehr die Versuche des Petersburger Arztes. Er ließ Bariumsalze auf ein Gemisch von Gelatine — Pepton — Asparagin — Glyzerin (also alles schon ziemlich komplizierte — teilweise organische — was aber keine Rolle spielt — Substanzen) und Meerwasser einwirken und erzeugte seine sogenannten Bariumzellen. Sie sahen äußerlich auch ganz den tierischen ähnlich, teilten sich, „fraßen", wuchsen und bewegten sich. Ob man auf diesem Wege vielleicht weiter kommt, muß die Zukunft lehren; schließlich ist der Unterschied zwischen lebender und toter Materie eigentlich gar nicht vorhanden. Hat man doch neuestens festgestellt, daß Metalle, regelrechte Metalle, gegen elektrische Einwirkungen „ermüden" können! Schließlich sogar „sterben" sollen!

Weitere, jedoch nicht so tiefschürfende Experimente in dieser Richtung stellte Leduc an. Einer seiner Versuche, mit 10%iger Ferrozyankalilösung auf halbfester Gelatine, ergab „Zellen", die sogar etwas wie einen Kern (Zellkern) zeigten, ein anderer, den jeder leicht nachmachen kann, führt mit verblüffender Genauigkeit

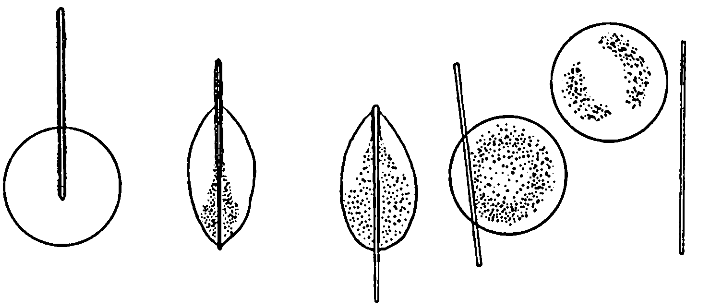


Abb. 6.
Schellackfressender Chloroformtropfen (nach Rhumbler).

die komplizierten Vorgänge bei einer Zellteilung vor. Man braucht dazu nur einen Tropfen Tusche in Salzwasser und zwei Tropfen einer stärkeren ungefärbten Salzlösung. Der farbige Tropfen kommt in die Mitte, und in demselben Augenblick, da sich die drei Tropfen berühren, fängt das Spiel an. — Ich gebe hier eine Abbildung, wie ein Chloroformtropfen Schellack von einem Glasstäbchen „frißt". Man brauchte in den Tropfen nur einen Kern zu zeichnen und dem Glasstäbchen eine etwas andere Form zu geben, und jeder würde meinen, zu sehen, wie eine Kieselalge von einem einzelligen Urtierchen, einer

Amöbe, gefressen wird. Auch dort wird der Rest, der nach Wilhelm Buschs Wort „nicht mehr zu gebrauchen" ist, ausgestoßen. Ein ähnliches Freßbild gibt ein Quecksilbertropfen in stark verdünnter Schwefelsäure mit einem kleinen Kristall von Kaliumbichromat. Zunächst tritt dabei etwas von dem Kaliumbichromat in die wässerige Flüssigkeit, die das Ganze umgibt, ein und sofort wölbt sich der Quecksilbertropfen nach der Richtung zum Kristall hin vor, umfließt es förmlich „gierig" und „frißt es auf". Oft geht's gar nicht einmal so glatt, und es sind eine ganze Reihe „Angriffe" des Quecksilbertropfens nötig. Wer zusieht, verfolgt das Schauspiel mindestens ebenso aufgeregt wie eine Hundebeißerei.

Die Theorie der Oberflächenspannungen beweist auch, daß das alles geschehen m u ß ohne jede „Lebenskraft" oder „Seele".

Spielereien das Ganze, gewiß.

Aber lehrreiche!

Die beweisen, daß es einen Unterschied zwischen lebendiger und toter Materie eigentlich nicht gibt. Ganz verzweifelt man an diesem Unterschied aber erst, wenn man die von Lehmann entdeckten „flüssigen Kristalle" sieht. Die Dinger sind, ganz im Gegensatz zu

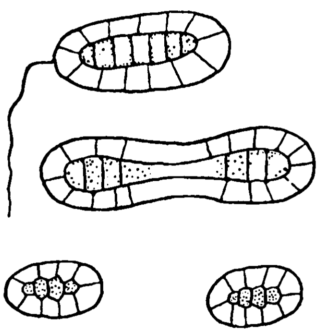


Abb. 7.
Bakterium in Teilung.
(Nach Verworn)

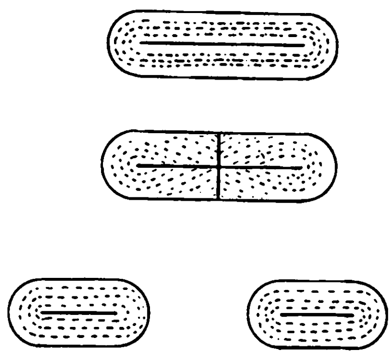


Abb. 8.
„Flüssiges Kristall" in Teilung.
(Nach Lehmann)

allen anderen Kristallen, nicht starr, sondern haben einen eigenartigen halbflüssigen Aggregatzustand, bei höherer Temperatur schmelzen sie dann noch richtig, bei tieferer erstarren sie. Diese flüssigen Kristalle bewegen sich ganz wie einzellige Tiere, ergänzen abgebrochene Stücke durch Wachstum, teilen sich und fressen, so daß man beinahe verzweifelt, einen Unterschied in ihrem Verhalten zu den einzelligen Tieren zu entdecken. Man muß wissen, was man vor sich hat, sonst ist man einfach geschlagen.

Es ist darum kaum verwunderlich, daß es eine starke Forscherpartei heute gibt, die in diesen flüssigen Kristallen einen Übergang zu den primitivsten Lebewesen sieht.

Ein anderer Übergang kann zur Not noch in den sogenannten Enzymen gesucht werden, sonderbaren Stoffen, die sich nicht vermehren, aber die Eigenschaft haben, Gärung zu erregen. Auch das wäre nicht weiter etwas Besonderes, wenn nicht die Enzyme durch Hitze (Kochen) oder durch Chemikalien, wie Alkohol, Sublimat, Salizylsäure usw., unwirksam gemacht, also „getötet“ werden würden.

Nun aber noch einmal eine Zusammenfassung.

Ein sehr kluger Mann hat einmal gesagt, es gäbe genau so viele Gründe, eine Urzeugung anzunehmen, als ihre Unmöglichkeit oder wenigstens Undenkbarkeit zu erweisen.

Ich denke, wir können diesem Satz vollkommen zustimmen.

Zwar ist die Urzeugung durchaus nicht unmöglich, aber wir können uns sie in ihren auch nur gröbsten Einzelheiten nicht denken.

Die notwendige Voraussetzung für die Untersuchung, ob es auf anderen Planeten Leben geben mag, fehlt uns also. Wir wissen noch nicht einmal, wie das Leben auf unserer Erde entstanden ist.

Aber vielleicht können wir einfach sagen, das Leben im Weltall ist ewig?

Vielleicht ist die Sache so, daß wir uns mit unseren Urzeugungsüberlegungen zwangläufig festfahren mußten, weil das Leben auf unserer Erde eben nicht durch Urzeugung entstanden ist? So möglich eine Urzeugung an sich auch wäre.

Aber wo sollte es dann hergekommen sein? — —

Wir hören wieder die Grundmotive dieser Überlegung.

Ein neuer juveniler Gedanke ist vielleicht in der Lage, das Rätsel zu lösen. — Wir sprachen doch von der Katastrophe von Krakatau. Dort kamen die Sporen von anderen Inseln im Weltmeer und gaben der Ruine neues Leben. Wie nun, wenn auch beim ganzen Krakataufels Erde, um es etwas in Bölsches Redeweise auszudrücken, Lebenssporen von anderen Inseln im Ätherozean gekommen wären? Wir werden sehen.

*

Es scheint so, als wenn in der Wissenschaft immer erst ein Fremdwort kommen muß, um neues Licht in eine Sache zu bringen. Die ziemlich festgelaufene Entwicklungslehre, die mit ihrer ursprünglichen „Auslese des Geeignetsten durch den Kampf ums Dasein“ nicht mehr recht weiter kam, wurde durch die Lehre de Vries’ wieder stoßkräftig, für alle Zeiten und für alle Widerwärtigkeiten. Diese Lehre aber bekam das Fremdwort Mutationstheorie. (Schlecht verdeutscht durch Verwandlungslehre, worunter sich kein Mensch etwas vorstellen kann.)

So bekommen wir hier neues Leben durch einen Schuß „juvenilen Wassers“, den ein schwedischer Gelehrter, der am 2. Oktober 1927 verstorbene Professor Svante August Arrhenius in die Wasserkaraffen der Diskussionszimmer hineingoß. Dieses juvenile Wasser hieß „Panspermie“. Zu deutsch „Allbesamtheit“.

An sich war der Gedanke ja nicht ganz neu. Der bekannte, nun auch seit langem verstorbene (man schreibt eigentlich nur noch Totenlisten, auch Kammerer, die große Hoffnung der Biologie und Vererbungslehre, ging hinüber, ebenso Johannsen) Berliner Astronom M. W. Meyer hatte sich schon einmal eine Weltkatastrophe ausgemalt, bei der es ungefähr folgendermaßen hergehen sollte. Er dachte sich, ein Weltkörper, so wie die Erde jetzt, sei mit einem anderen zusammengestoßen, wobei natürlich jede Weltordnung in Trümmer ging. Die glühenden Kerne beider Körper explodierten, die (belebten) Meere wurden hinausgeschleudert in den Raum, gefroren, die Fische und Krebse und Quallen und Seesterne froren mit ein und das gefrorene Meer mit seinen Eiskonserven raste nach den Schweregesetzen durch den Raum, bis es in den Anziehungsbereich der Erde oder eines anderen Weltkörpers gelangte. Auf der Erde nun plumpste das Eis in das warme Urmeer, schmolz langsam, und ein Teil des Getieres, das am Leben geblieben war, richtete sich in der neuen Heimat häuslich ein, so wie die Pflanzen auf der Ruine Krakataus.

In der Wissenschaft redet man von diesem gewagten Gedankenexperiment gar nicht mehr. Es sind da zu viele Voraussetzungen. die man jetzt nicht mehr für möglich hält. So glaubt man an die Möglichkeit des Zusammenstoßes zweier Körper kaum noch, an die Möglichkeit, daß sich Eis im drucklosen Raum erhält, auch nicht recht, und an die Wahrscheinlichkeit, daß Fische und sonstige Meer-tiere jahrtausendelanges Einfrieren und vor allem das Auftauen in einem warmen Meer überleben, gar nicht.

Aber Arrhenius' Panspermie ist etwas ganz anderes.

Er läßt nur Bazillen durch den Raum fliegen, wie nach der Krakataukatastrophe Algen und Farnsporen durch die Luft flogen.

Mit Bazillen kann man das unbedenklich in Gedanken tun, man hat solche kleinste Lebewesen im Laboratorium in flüssigen Wasserstoff gesteckt, stundenlang, und sie blieben am Leben (Temperatur des flüssigen Wasserstoffs —252° C).

Die Frage ist nur, mit welcher Kraft man diese Bazillen durch den Raum fliegen lassen will. Mit Hilfe der Schwerkraft könnte man allenfalls etwa vom Neptun einen Bazillus zur Erde schicken, aber nicht umgekehrt. Wobei wieder noch zu fragen wäre, wie denn die Bazillensporen (ein besonderer „eingekapselter" Zustand der Bazillen wird mit diesem Wort bezeichnet) erst die Neptunschwere selbst überwinden. Arrhenius zog nun den Lichtdruck dazu heran. Es ist Tatsache, daß das Sonnenlicht einen Druck ausübt (auch theoretisch gesichert), der natürlich der Sonnenschwere entgegen wirkt. Er ist natürlich äußerst gering, der Druck des Sonnenlichtes auf ein Quadratmeter Erdoberfläche beträgt nur etwa 0,4 Milligramm. Das macht für die ganze Erde (natürlich kann man nur die eine Erdhälfte rechnen, die gerade belichtet wird) rund 70 000 t, die gegen die Anziehungskraft der Sonne von 6 000 000 000 000 000 000 t selbstverständlich machtlos sind. Je kleiner ein Körper aber wird, desto mehr ändert sich das Verhältnis der beiden Kräfte. Ein Tröpflein Materie von 0,002 mm Durchmesser wird noch angezogen werden, ein andres von nur 0,0015 hat gerade die Größe, bei der Gleichgewicht herrscht. Die günstigste Größe ist, wie Arrhenius ausgerechnet hat, 0,00016 mm. Bedingung ist dabei, daß es nicht schwerer ist als ein ebenso großes Wassertröpfchen. Das ist bei Bazillen auch nicht der Fall. Ein solches Stäubchen würde von der Erde zum Mars (aus der Erdatmosphäre soll es durch elektrische Abstoßungskräfte herauskommen, die auch von anderen Forschern zu anderen Zwecken angenommen werden) rund drei Wochen gebrauchen. Zwar etwas langsamer als das Licht selbst, aber die Geschwindigkeit genügt. So lange halten Bakteriensporen die Unbill des Weltraums schon aus. Arrhenius hat noch eine Hilfsrechnung aufgestellt, die darin gipfelt, daß bei den tiefen Weltraumtemperaturen in der gleichen Zeit nur Bruchteile der Keimkraftenergie verbraucht werden, die normale Temperatur erfordert.

Also von der Erde zum Mars drei Wochen. Bis zum Neptun vierzehn Monate (sechs Monate hat Arrhenius seine Bazillen mit 200° C unter Null malträtiert, ohne sie zu töten), bis zum nächsten Fixstern Alpha Centauri 9000 Jahre, was ja nun bestimmt etwas lange ist. Aber trotzdem auch möglich, wie so vieles unglaublich Erscheinende. — Das ist also der Gedanke der Panspermie. Unwiderlegt, mit einer Wahrscheinlichkeit, die an Gewißheit grenzt. Denn auch der Lichtdruck selbst ist experimentell nachgewiesen, was noch nachzutragen ist.

Ohne Zweifel ist das Experiment der wichtigsten Beweismaterialien der Wissenschaft einer. Wenn etwas behauptet wird, so muß es zuerst und vor allen Dingen experimentell nachgeprüft werden. Erst dann kann man weiter darüber reden. Gerede ohne Experiment bleibt so ziemlich leeres Gerede, nur in seltenen Fällen kann das „mathematische Experiment", die Berechnung, das wirkliche, das vielleicht nicht ausführbar oder zur Zeit nicht ausführbar (es braucht ja nur die Finanzfrage im Wege zu stehen, wie bei unseren Raketenproblemen) ist, ersetzen. Wenn irgend jemand für seine Hypothesen das Experiment ablehnt, dann kann man sicher sein, daß der Betreffende nicht eine Hypothese aufgestellt, sondern ins Blaue hinein erfunden und gefabelt hat und sich vor der exakten Nachprüfung fürchtet, vielleicht auch, weil er im eitlen Streben nach Originalität bewußt phantasiert oder geschwindelt hat, wie man es des öfteren besonders bei den Gegnern der Entwicklungslehre erlebt, die den blühendsten Unsinn verzapfen, einzig und allein darum, weil es etwas Neues ist.

Mit dem Lichtdruck wurden also nicht nur mathematische, sondern auch physikalische Experimente angestellt. Dem russischen Physiker Lebedew gelang es als erstem, den Lichtdruck zu sehen. Bärlappsamen wurde vom Lichtstrahl aus der Fallrichtung abgelenkt, ebenso bei anderen Versuchen ausgeglühte Sporen eines Bovistes, also eines Pilzes.

Bleibt noch die Frage, ob es denn nun auch wirklich Lebewesen der Größe, die der Lichtdruck bewältigen kann, gibt.

Es gibt sie, und man hat wohl nicht zu Unrecht schon gedacht, hier die ursprünglichste aber wichtigste Anpassung des Lebens selbst zu sehen.

Ob wir nun mit Hilfe der Panspermie auf der Erde einmal Besuch aus dem Kosmos bekommen können?

Vielleicht würden wir ihn gar nicht als solchen erkennen.

Nehmen wir einmal den Fall an, so, wie ihn Laßwitz in seinem lieblichen Buch „Sternentau, die Pflanze vom Neptunsmond" ausgesponnen hat.

Jedermann wäre der Überzeugung, nur ein besonders abweichendes Erdtier entdeckt zu haben. In dem Fall, den Laßwitz' Phantasie ausmalt, handelt es sich um eine Art Generationswechsel zwischen Tier und Pflanze. Auf der Erde gibt es etwas, was zwar nicht wirklich ein Generationswechsel zwischen Tier und Pflanze ist, aber genau so aussieht. Bei den Quallen. Dort wechseln die frei schwimmenden allbekannten Glocken mit pflanzenhaft festwurzelnden Stöcken ab. Würde man so etwas auf dem Festlande entdecken, so würde man sich zwar ziemlich wundern, aber niemand etwas Außerirdisches dahinter suchen.

Hat man doch die irdischen Anpassungen zu Anfang kaum geglaubt. Z. B. daß es in Australien ein Tier gibt, das zwar ein Säugetier ist, aber einen Schnabel hat und außerdem noch Eier legt. Es ist aber Tatsache, und seitdem hat man das Wundern verlernt. Die Tierwelt ist so mannigfaltig, daß es nicht mehr angebracht ist.

In den tiefsten Tiefen der Weltmeere, unter ungeheuerlichem Wasserdruck, leben Fische, die mit eigenen Lämpchen die ewige Dunkelheit ihrer Abgründe erhellen. Der entsetzliche Druck tut ihnen nichts, sie sind darauf eingestellt. Allerdings, wenn sie an die Oberfläche kommen, zerplatzen sie, müssen sie sterben, weil der Druck fehlt, auf den sie eingestellt sind, aber für ihr Reich, das ja auch beinahe eine Welt für sich ist, paßt ihre Organisation.

Ein anderes Bild. Auch finster. Die Adelsberger Grotte. In ihrer „Styxflut" lebt ein spannenlanger, blinder, fleischfarbiger Molch, der Olm. Und an den Wänden sitzt der blinde Käfer Leptoderus, der wie ein roter Siegellacktropfen ausschaut. In anderer Umgebung wären sie verraten und verkauft und in kürzester Frist aus der Reihe der Lebenden gestrichen.

Wieder ein anderes Bild. Das große weiße Schweigen der Antarktis, jenseits der Eismauer, der großen weißen Barriere, die so unwirklich zauberhaft wirkt.

Auch dieses Stück Erde hat sein Tierleben, die grotesken Pinguine, im Norden andere, entsprechend angepaßte Tiere.

Man braucht gar nicht diese großen Gegensätze hervorzuholen, innerhalb einzelner Tierfamilien finden sich die größten Gegensätze. Der Polarfuchs trotzt dem Eise des Nordens, der Wüstenfuchs dem Gluthauch der Wüste. Der Tiger fühlt sich nicht nur im feuchtwarmen indischen Dschungel, sondern auch im Hochgebirgsschnee wohl. Der Pinguin lebt auch nicht nur im Eise des Südkontinents (er ist aus geologischer Urwelt dort bessere und wärmere Zeiten gewöhnt), sondern auch auf den trostlos öden verschmachtenden Vulkanbrocken der Galápagosinseln genau unter dem Äquator. Der Affe (es handelt sich um den Nasenaffen von Borneo) lebt nicht nur im warmen Insulinde, sondern sielt sich auch (eine nah verwandte Art) im Schnee des Himalaja, am höchsten Berge der Erde, dem Mount Everest oder, wie die Tibeter sagen, dem Tschomo lungma, der „königlichen Göttinmutter des Landes".

Aber warum reden wir von Tieren. Der Mensch ist auch überall anzutreffen, nicht nur besuchsweise, auch dauernd, wenn die Not ihn zwingt. Bloß die Tiefsee fehlt ihm noch. Der Amerikaner William Beebe, einer unserer größten lebenden Zoologen, will sie jetzt besiegen.

Außerdem fehlt dem Menschen noch der leere Raum, den die Bazillen beherrschen. Aber man lese die Namen auf der Titelseite dieses Buches, um zu wissen, daß das ein Reservat auf nur noch kurze Zeit ist.

Mit den Tieren, die wir soeben kennenlernten, lassen sich ohne jede Abänderung der Organisation Planeten bevölkern, die ganz anders aussehen als die Erde. Planeten ewiger Finsternis, Planeten größter Kälte, solche mit höchsten Atmosphärendrucken, andere, deren Oberfläche eine einzige Panthalassa, ein uferloses Meer ist, wie es die Erde in der ältesten Urzeit war. Auch uferlose Eiswüsten, zu denen die Welteislehre Hörbigers alle Planeten unseres Sonnensystems machen will.

Zur Welteislehre ist hier noch ein Wörtlein zu sagen.

Begründet von Hanns Hörbiger und Ph. Fauth, ist sie neuerdings in weitere Laienkreise hineingeraten, obwohl sie von der Fachwissenschaft weder anerkannt noch ernstlich durchgesprochen ist. Zu einem ganzen Teil schon in Schopenhauers Parerga enthalten, ist sie auch sonst nicht gerade „juvenil", der Kenner sieht im Hintergrunde die Geister Darwins (des Astronomen, nicht des Biologen), des alten

Adhémar und M. W. Meyers im Verein mit einem ganzen Regiment anderer erscheinen. In Punkto Panspermie, auch von der Welteislehre vertreten, erscheint andeutungsweise der Geist M. W. Meyers, man denkt, daß die Natur mit kosmischen Lebensfetzen respektabler Größe im Sinne Meyers nach der Erde würfe und zitiert (Seite 519 des Hauptwerkes) den Bericht eines Herrn Edelmann, der im Jahre 1884 oder 1885 zwischen Déva und Vajdahunyad etwas Ähnliches gesehen haben will. Dieser Bericht ist nun natürlich nicht mehr nachzuprüfen, die Möglichkeit soll einmal zugegeben werden, wenngleich diese Sache an sich unwahrscheinlich ist (die „Sternschnuppengallerte“ des Volksglaubens ist als Froschlaich oder als Nostocalgenkolonie, wie sie Krakatau als erste besiedelten, erkannt worden). Da aber in allen Büchern der Welteislehre kräftiglichst gesagt wird, die Erde sei der einzige bewohnte und bewohnbare Planet, so haben auch die passioniertesten Welteissportsleute mir noch nicht erklären können, wo denn das Ding hergekommen sein soll.

Ich tue es wirklich nicht gern, aber es ist hier meine Pflicht, auch gleich noch die Bemerkungen des sonst verdienten Mondforschers Fauth über die Weltraumrakete vorzunehmen, die er in seinem Buche „Mondesschicksal“ untergebracht hat. Er nennt die Rakete „eine Mittelschülerrechenaufgabe ohne tieferen Wert“, behauptet, eine Rückkehr sei unmöglich und gibt sich die größte Mühe, den Leser zu der Überzeugung zu bringen, daß die Raketenleute auf eine Sensationsmacherei aus sind, an die sie selbst nicht glauben. Die Auslassungen Fauths klingen recht sonderbar und seicht. Und jedenfalls kann man sich nicht wundern, wenn orientierte Leser des „Mondesschicksals“ die Vermutung ausgesprochen haben, das böse Gewissen habe (unterbewußt) die Feder geführt.

Ich sagte weiter oben, daß die Lebewesen gar nicht andere Anpassungen für andere Planeten hervorzubringen brauchten als die, die es schon gibt.

Wir haben aber auf der Erde Bazillensorten (ausgerechnet auch gleich Bazillen), die ganz so aussehen, als ob sie sogar für ganz andersartig konstruierte Welten gebaut sind, und die mir, ich muß es schon gestehen, persönlich immer wieder und in immer stärkerem Maße außerirdisch vorkommen.

Da gibt es z. B. eine ganze Reihe verschiedener Arten, die den Luftsauerstoff, von dem alle anderen Tiere abhängig sind, gar nicht recht zu vertragen scheinen und die den Sauerstoff, den sie zur Abwicklung ihrer Lebensprozesse gebrauchen, aus Mineralien nehmen. Also auch luftlose Monde kann man sich belebt denken! Wieder andere leben im Eisen, und eine dritte Sorte, die Schwefelbakterien, übertrumpft die sauerstoffeindlichen „Luftlosleber" oder Anaërobien noch ganz erheblich, was Atmosphäregeschmackssachen anlangt. Sie leben erst richtig auf, wenn ihre Umgebung mit einer gehörigen Dosis des sonst hochgiftigen Schwefelwasserstoffgases versetzt wird, ganz so, wie eine gewisse Spezies Mensch, deren Geselligkeit erst aufwacht, wenn die Luft für Nichtraucher nicht mehr atembar ist. Ich gehöre selbst dazu und kann mir also von meinem Standpunkt aus auch ein üppiges Leben auf einem mit Schwefelwasserstoff vollkommen „vergifteten" Weltkörper sehr gut vorstellen.

Zwecklos sind diese Anpassungen doch gewiß nicht. Und wenn wir in der Phantasie einmal den Fall setzen, auf dem fast luftlosen Monde lebten Astronomen, deren Fernrohre unsere Städte und großen Ozeandampfer nicht erkennen ließen (unsere Instrumente täten es), dann würden sie wahrscheinlich sagen: „Schade, die Erde da oben ist ein so schöner großer Weltkörper, da könnte herrlich Leben gedeihen, wenn nicht die verfluchte dicke Lufthülle alles totdrücken würde."

*

Es ist kaum noch nötig, über die vermutlichen Oberflächenbeschaffenheiten der anderen Planeten unseres Sonnensystems zu reden. Abgesehen davon, daß wir es doch erst genau wissen werden, wenn das Raumschiff uns dorthin getragen haben wird.

Sie können ja sein, wie sie wollen, überall wird es Leben geben, vielleicht ganz fremdartiges, vielleicht aber auch kaum verschieden von den Formen, die unter ähnlichen Bedingungen in bestimmten Gebieten der Erde leben.

Bis das Raumschiff aber beendet ist, können wir mit Sicherheit von den Geschwistern der Erde im All nur Mathematisches aussagen. Größenverhältnisse usw.

Ich drucke deshalb hier zunächst die Tabelle aus meiner „Fahrt ins Weltall" noch einmal ab:

	Abstand von der Sonne in Mill. km	Durchmesser in km	Umlauf um die Sonne	Tageslänge	Bemerkungen
Sonne . .	—	1 392 000	—	—	Temperatur 6000°C
Merkur . .	58	4 780	88 Tage	88 Tage	Atmosph. fraglich
Venus . .	108	12 400	225 „	?	dichte Atmosph.
Erde . . .	149¼	12 756	365¼ „	24 Std.	zweiter kl. Mond?
Mond . .	384 000 km (von der Erde)	3 480	—	29½ Tage	Reste einer Atmosphäre
Mars . . .	227	6 740	687 „	24 Std. 37½ Min.	Einzelheiten
Planetoiden	210—790 (über 1000 bekannt)	300 m bis 770 km	1¼ bis 12½ Jahre	?	nicht feststellbar
Jupiter . .	777	145 000	12 Jahre	9 Std. 55 Min.	9 Monde
Saturn . .	1424	123 000	29½ „	10 „ 14 „	10 Monde, 3 Ringe
Uranus . .	2864	57 600	84 „	84 Jahre	4 Monde
Neptun . .	4487	52 900	165 „	?	1 Mond bekannt

Im folgenden wird viel von der Oberflächentemperatur der Planeten zu lesen sein, die natürlich in der Hauptsache ein Ergebnis ihrer Entfernung von der Sonne ist.

Im einzelnen ändern natürlich die Oberflächenbeschaffenheiten und die Lufthüllen, ebenso wie die Stellung der Planetenachsen viel ab, eine Überlegung, wie nach den reinen Strahlungsgesetzen die Temperatur sein müßte, ist als allgemeiner Anhalt natürlich wertvoll. Ingenieur Pirquet in Wien hat sich die Mühe gemacht, einmal dies „Wärmefeld der Sonne“ auszurechnen, und mir in bekannter Liebenswürdigkeit seine Tabelle zur Verfügung gestellt.

	ϱ	abs.	Cels.	Ch/St	(ϱ bei Ch/St)
Merkur	0,39	460°	+187°	+178	0,39
Venus	0,72	337°	+ 64°	+ 65	0,72
Erde und Mond	1,00	290°	+ 17°	+ 6,5	1,00
Mars	1,52	237°	— 36	— 37	1,52
Jupiter	5,20	127°	—146	—147	5,2
Saturn	9,54	95°	—178	—180	9,55
Uranus	19,2	66°	—207	—207	19,22
Neptun	30,00	53°	—220	—221	30,12
1 Lichtjahr Entfernung .	64 000	1,15°	—271,85	—	—

ϱ ist die Entfernung des Planeten von der Sonne (Erdentfernung = 1), die Spalte „abs.“ gibt die Temperatur über dem absoluten Nullpunkt (—273° C) an. Die Spalte Ch/St gibt die Zahlen Christiansens (nach Stefan), die den Pirquetschen ziemlich gleichen, auffälligerweise bis auf die Erdtemperatur, die Pirquet richtig trifft. Beide Berechnungen sind natürlich vollkommen unabhängig voneinander erfolgt, Pirquet wußte noch nicht einmal um die Existenz der anderen. Die in der Spalte „Celsius“ angegebene Temperatur gilt für kugelförmige Körper homogener Oberfläche, die vollkommen wärmeleitend gedacht sind, was mit der Natur natürlich kaum jemals vorkommen kann.

Die Oberflächenbeschaffenheiten der Planeten sind der allgemeinen Ansicht nach der der Erde sehr ähnlich. Trotzdem darf man nicht blindlings nach rein meteorologischen Gesichtspunkten Schlüsse ziehen. Tiere und auch Pflanzen schaffen sich besonders in klimatischer Hinsicht oft eigene Bedingungen. Daß die blutwarmen Säugetiere von der Außentemperatur ziemlich unabhängig sind, ist ja bekannt, weniger, daß auch manche Blumen, die unter dem Schnee hervorsprießen, merkliche Eigenwärme erzeugen. Das spielt natürlich besonders in den kalten Zonen eine Rolle. Um ein Beispiel zu geben, will ich erwähnen, daß G. Andersson am Belsund auf Spitzbergen folgende interessante Beobachtung machte: Lufttemperatur einen Meter über dem Boden 4,7° C, direkt am Boden (in einem dichten Polster von Silene acaulis) 15,5° C! Im Boden selbst (in der Schicht, die den größten Teil der Wurzeln barg) 9,3° C. In kaum ein Drittelmeter Tiefe jedoch begann schon das Bodeneis.

Das ist die eine Mahnung zur Vorsicht, — die andere kann man in Bölsches „Stunden mit dem Mond“ nachlesen:

„Jeder von uns kennt den Rauhreif, wie er jäh zur Winterszeit die kahlsten Bäume mit einem zierlichen Laub schmückt, das in seiner eigentümlich moosartigen Form gemeinen Apfel- oder Pflaumenbäumen unter Umständen einen wahrhaften Urweltsstil, als seien es die baumhohen Bärlappe der Steinkohlenzeit, anzaubert.

Ich habe die ganze Kristallfläche des gefrorenen Müggelsees von solchem Reiffrost wie mit frei aufgerichteten kleinen Farnkrautwedeln, die herrlich in Regenbogenfarben schillerten, überzogen gesehen.

Am Krater des Kotopaxi, des kolossalen Vulkans der südamerikanischen Kordillere, nimmt ähnlicher Rauhreif aber gigantische Dimensionen an. Der Gipfel dieses Feuerberges liegt in der Region des ewigen Schnees, zugleich bestreichen ihn aber aus dem lauernden Höllenschlunde immerfort aufwallende warme Wasserdämpfe. Erfolg sind Rauhfrostbildungen, bei denen jede einzelne Moosschuppe, jeder einzelne Kristallfarn bis zu Armeslänge aufsprossen kann. Üppige

Gewinde von Feigen und Weinreben scheinen da oben in 6000 Meter Höhe zu gedeihen, bloß zu schneeigem Weiß ausgekältet. An anderen Stellen gleicht das Eismärchen täuschend gewaltigen Bänken riffbauender Korallen. Und dazu senken sich in den schauerlichen Krater selbst Eiszapfen in der Länge von 30, der Dicke von 3 Metern. Ein Zapfen von dieser Länge würde, aufrecht gestellt, auf dem Monde schon an seinem Schattenwurf für unsere Ferngläser erkennbar sein.

Nun müßte man sich noch ausmalen, daß eine solche großartige Rauhreifbildung, die zuletzt ganze Wälder vortäuschte, etwa durch Arsendämpfe grün gefärbt wäre, — man müßte sich die Oberfläche eines fernen Weltkörpers dauernd damit umkleidet denken — und wir würden zweifellos einen Planeten oder Mond beschreiben, der sich noch im Zustande der Steinkohlenperiode mit ihren Farnwäldern befände."

Also muß der Schluß sehr vorsichtig sein, man kann nach meteorologischen Gesichtspunkten Leben verneinen, wo es trotzdem existiert, und man kann andererseits auf Grund des direkten Anblicks eventuell etwas als Leben beschreiben, was keins ist. Denn vom Leben auf anderen Planeten haben wir natürlich noch nichts gesehen. Ab und zu leichte Grünfärbungen auf Mond und Mars, die bei gutem Willen als Pflanzenwuchs gedeutet werden können — außerdem ging vor Jahren durch die Blätter die Nachricht, Percival Lowell in Amerika hätte mit dem Spektroskop das Vorhandensein von Chlorophyll in den Atmosphären von Uranus und Neptun entdeckt. Seitdem hat man aber darüber nichts wieder gehört.

In letzter Zeit hat nun der Astronom Pickering, auch ein Amerikaner und in allen Marsfragen ebenso wie Lowell Autorität, aber sein Gegner, etwas berichtet, was noch viel bestimmter klingt. Vom Monde, von dem man in dieser Beziehung eigentlich gar nichts erwartet. Auf dem fast luftlosen Monde dauert der Tag rund zwei Wochen, die Nacht ebenfalls, — erklärlich, daß dadurch die ungeheuerlichsten Temperaturschwankungen hervorgerufen werden. Leben wird sich am besten an der ja ziemlich langsam vorschreitenden Grenze des Sonnenauf- oder -untergangs halten können. In dieser gemäßigten Zone beobachtete Pickering nun — im Mondkrater Eratosthenes — graue Flecken, die sich mit der Sonnengrenze bewegten. Pickering dachte sofort an die irdischen Heuschreckenschwärme und verkündete, er habe wahrscheinlich im Mondkrater Eratosthenes ziehende Insektenheere gesehen.

Aber auch das bedarf noch der Nachprüfung.

Vom Monde hält die Astronomie ja nicht viel. Er ist zu klein, um eine merkbare Lufthülle dauernd festzuhalten, so daß man wohl nur in den Tiefen der Krater, die eine gangbare Theorie für die Aufschlagslöcher ungeheurer Meteoriten, analog dem Meteorkrater am Cañon Diablo in Arizona, hält und in den ganz ungeklärten „Mondrillen" noch Reste einer Lufthülle vermuten kann.

Ähnlich luftlos wie der Mond dürfte der innerste Planet unseres Sonnensystems, der kleine Merkur, sein, der noch dazu der Sonne stets dieselbe Seite zuwendet, so daß die eine Seite in unerträglicher Glut verdorren und verschmachten, die andere im ewigen Eise erstarren und erfrieren muß. „Das Inferno unseres Planetensystems" hat Gramatzki ihn genannt. Er meint aber, „zwischen den beiden Höllenkontrasten des Merkur muß eine Zone des Übergangs liegen, ein schmaler Gürtel, durch mögliche Achsenschwankungen der sehr exzentrischen Bahn des Planeten etwas verbreitert, eine Zone, in der ein für unsere Erfahrungen und Begriffe phantastisches Leben sich zu behaupten versteht ... Die ‚gemäßigte' Zone des Merkur, begrenzt von Gletschern und Finsternis auf der einen Seite, von ausgedörrten Wüsten auf der anderen, mag der Schauplatz eines bunten Lebens sein, durchzogen von Schmelzwasserflüssen, die von tauenden Gletscherstirnen durch die Lebenszone nach dem Wüstenbrand zufließen, wo sie durch Steppengürtel in Sandeinöden verrinnen. Von der Sonnenglut verdampft, wandern sie als Wolken wieder heim, um herabschneiend den Kreislauf von neuem zu beginnen".

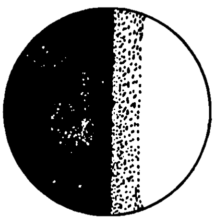


Abb. 9.
Klimazonen des Merkur nach Gramatzki.

Andere, skeptischere Forscher halten vom Merkur gar nichts, — Gramatzki wieder sagt: der „letzte Mondbazillus" sei schon vor langer Zeit gestorben. Im ganzen zwei Welten des Schweigens. Auch wenn man gewisse Farbveränderungen, wie z. B. die besonders auffällige und bekannte des Innern des Mondkraters Plato auf Tau- und Schmelzwirkungen zurückführen will. Bei mangelnder Luft fehlt jede Fortpflanzung des Schalls — Merkur und Mond sind gleichermaßen still und öde. Unter den fürchterlichen Temperaturextravaganzen mag wohl einmal auch etwas wie ein Schneesturm entstehen (Pickering hat einen am Mondgebirge Pico beobachtet), aber das Hauptkennzeichen ist das Schweigen des Todes. Nur niederstes Leben vermag zu existieren, Flechten und Bakterien, die den rötlichen Fels der Gebirge und die schieferfarbigen Tiefebenen der „Mare“ (der Mond hat auffällig dunkles Gestein, trotz seines Glanzes) vielleicht überziehen.

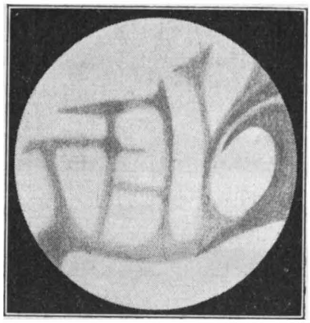


Abb. 10. Merkur.

Ehe ich von den beiden nächsten Nachbarn der Erde im All, Venus und Mars, spreche, einige Worte über die Riesen unseres Systems: Jupiter mit den neun Monden, Saturn mit den Ringen, Uranus und Neptun.

Diese vier sind von den inneren Planeten grundlegend unterschieden. Sie bestehen aus bedeutend leichteren Stoffen als die inneren Planeten, während diese fast durchweg das Gewicht etwa von Kupfererzen haben, sind die äußeren Planeten an Gewicht etwa dem Glyzerin oder dem Wasser gleich, nur Saturn ist noch leichter. Jupiters Oberfläche ist durch eine undurchdringliche Wolkenhülle unserem Anblick entzogen. Besonders am Äquator ordnen sich diese Wolken zu parallelen Streifen, was aus der rasenden Umdrehung dieses Riesenkörpers (man vergleiche die Tabelle) ohne weiteres erhellt. Die obersten Teile der umschwingenden Wolkenschicht am Äquator bewegen sich dadurch mit einer Geschwindigkeit von nicht weniger als $12^1/_2$ km in der Sekunde. Hätte Jupiter nur die Anziehungskraft der Erde, so wären diese Teile — wir erinnern uns der Schwerezahlen aus dem ersten Kapitel — schon längst abgeschleudert und in den Weltraum entflohen. Eine gewisse rosige Färbung der äquatornahen Schichten macht es wahrscheinlich, daß der Planet sich noch in einem teilweise glühenden Zustande befindet. Ähnliches wird auch vom Saturn angenommen.

Leben wird also auf diesen beiden Planeten nicht zu erwarten sein, dagegen ist es wahrscheinlich, daß künftige Raumschiffer solches auf den vier größten Jupitermonden, die an Größe unserem Monde nicht nachstehen, antreffen. Zwar ist die Sonnenwärme, die sie in dieser Entfernung empfangen, nur noch sehr gering, aber sie haben ja eine erkaltende Nebensonne in großer Nähe. Bei den Monden des Saturn fällt die wärmende Nebensonne jedoch weg — Lebensstaub, den der Lichtdruck aus dem Innern des Sonnensystems dorthin verweht, dürfte verloren sein, so, wie die Samen von Landpflanzen verloren sind, die ins Weltmeer fallen. Saturns Ringe, von denen jeder weiß, interessieren uns hier auch nicht im geringsten, sie bestehen aus unendlich vielen in gleicher Ebene umlaufenden Meteoriten und aus kosmischem Staub, wie das Spektroskop und verschiedene mathematische und theoretische Indizienbeweise uns gelehrt haben.

Die Welteislehre behauptet, die vier äußeren Planeten (sie sagt „Neptoden") beständen aus fast reinem Eis, während die inneren Planeten bis auf die Erde damit nur Hunderte von Kilometern dick umkrustet seien. Tatsache ist, daß das Welteis noch nirgends nachgewiesen ist und daß die Beobachtungen der Planetenoberflächen der inneren Planeten (die Welteislehre nennt sie Helioden) das genaue Gegenteil bestätigen.

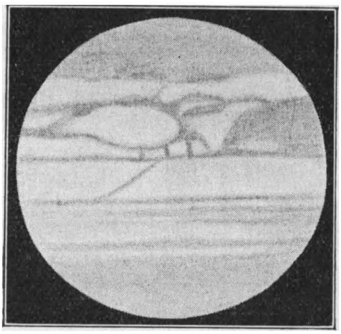


Abb. 11.
Jupiter (1911).

Nun kommt es mir persönlich, und auch anscheinend einer Reihe astronomischer Fachleute, immer so vor, als ob man die Planeten unseres Sonnensystems nicht nur einfach in zwei Gruppen einteilen dürfte, sondern in drei. Die beiden letzten noch zu nennenden Planeten Uranus und Neptun scheinen wieder eine Gruppe für sich zu bilden.

Man kann hier aber auf jeden Fall nur „scheinen" schreiben, denn wenn man die populären und nichtpopulären Werke über unser Sonnensystem durchsieht, dann findet man bei Uranus und Neptun immer außer den Größenangaben, die in der Tabelle stehen, ein paar ganz bestimmte Geschichten. Bei Uranus wird mit Vorliebe, an seine Entdeckung durch den großen Himmelsforscher Herschel anknüpfend, die Biographie seines Entdeckers gebracht und bei Neptun die Geschichte seiner Entdeckung. Hier nun weniger der wirklichen Entdeckung durch Galle, sondern der theoretischen Entdeckung durch

Leverrier. Der aus den Bahnabweichungen des Uranus (den Abweichungen seiner beobachteten Bahn von der berechneten) die Bahn des Neptun berechnete, und zwar so überraschend gut, daß der eben genannte Galle am 23. September 1846 den Planeten nicht nur an der angegebenen Stelle des Himmels auffand, sondern Leverrier sogar die von ihm gemutmaßte Größe von etwa 3″ (Bogensekunden, eine Bogensekunde ″ ist der sechzigste Teil einer Bogenminute ′, die wieder der sechzigste Teil eines Grades ° ist) bestätigen konnte.

Außer diesen ja wirklich recht interessanten Entdeckungsgeschichten aber erfährt man nur recht dürftige Dinge — einfach deshalb, weil wegen der großen Entfernung nicht viel bekannt ist. So ist z. B. noch bekannt, daß Uranus vier Monde besitzt, daß seine Achse nicht senkrecht, oder annähernd senkrecht, wie bei allen anderen Planeten auf seiner Bahnebene steht, sondern fast mit ihr in der Lage übereinstimmt, so daß je einmal in jedem Uranusjahr die Sonne über jedem Pol (!) steht. Vom Neptun erfährt man, daß er einen (blaustrahlenden, seine Helligkeit ist für die photographische Platte größer als für das Auge) Mond besitzt, der sich in der Entfernung vom Planeten befindet, in der bei Jupiter oder Saturn die größten Monde kreisen, so daß man kleinere Neptunsmonde zu erwarten haben dürfte, wenn die Instrumente stärker sein werden. Die weiteren Neptunsmonde dürften die erste Entdeckung sein, die von einem Raumschiff aus gemacht werden wird — wenn sie existieren.

Mit diesem unserem Wissen ist aber auch Schluß. Einzig und allein die spektroskopischen Beobachtungen, die ein geheimnisvolles Gas verraten, das uns unbekannt ist (Lowell hält diese Linie ja für die Chlorophyllinie, wie erwähnt), bringen noch etwas Neues, sie lassen auf hohe wasserstoffreiche Atmosphären schließen, die anscheinend — von den Grenzen des Sonnenreiches weiß man nichts genau — von den Atmosphären des Jupiter und Saturn stark abweichen.

Es ist möglich, daß die riesigen Neptuns- und Uranusatmosphären uns dazu gebracht haben, die Planeten für viel größer zu halten, als sie in Wirklichkeit sind. Wenn das, und die Wahrscheinlichkeit spricht dafür, der Fall ist, dann besteht meine Ansicht durchaus zu Recht, diese beiden Planeten von den anderen äußeren Planeten abzusondern. Wir hätten dann in beiden Planeten Welten vor uns, phantastischer, als es zu denken möglich ist. Über einen kleinen festen Kern würde ein endlos tiefes uferloses Meer, eine „Panthalassa“ in langen Flutwellen rauschen, — unter einer von geheimnisvollen Gasen erfüllten, viele tausend Kilometer hohen Atmosphäre. Diese ganze Wunderwelt läge in tiefster Dämmerung, nur ganz notdürftig erhellt durch den schwachen Schein purpurblauer Monde und zweier sehr heller Sterne, Jupiter und Saturn. Die Sonne wäre nur ein dritter heller Stern, die inneren Planeten vollkommen unsichtbar.

Der von Dr. Debus des öfteren erwähnte de Fontenelle hat einmal recht hübsch ausgemalt, was die (allerdings unmöglichen) Jupiterbewohner zur „Erdentdeckung“ sagen würden. Ich will diese Stelle hier einfügen.

„Die Astronomen des Jupiter ... entdecken einen sehr kleinen Planeten, den sie vorher nicht gesehen. Sogleich meldet dies ihr astronomisches Journal; das Volk auf dem Jupiter erfährt entweder dies gar nicht, oder es lacht über diese Nachricht; die Philosophen, denen dadurch ihre Systeme umgeworfen werden, nehmen sich vor, es nicht zu glauben; die vernünftigen Leute hegen einige Zweifel gegen diese Mitteilung ... Dank der Bemühungen der Gelehrten weiß man aber endlich definitiv auf dem Jupiter, daß unsere Erde in der Welt ist ... Aber unsere Erde sind nicht wir. Man hat nicht die geringste Ahnung, daß dieselbe bewohnt sein könnte, und wenn sich dies etwa jemand einbildete, Gott weiß wie der ganze Jupiter sich über ihn würde lustig machen.“

Noch viel mehr würde das für Astronomen auf Uranus oder Neptun gelten.

Dort ist die Sonne ja höchstens noch als Zeitmesser zu gebrauchen, wenn man es nicht vorziehen würde, dieses relative Ding lieber zu den Monden oder zum Saturn in Relation zu setzen.

Wenn wir nun einmal der Vermutung Lowells in der Phantasie zustimmen wollen — an den Grenzen der Sonnenwelt ist einiges Träumen und Phantasieren schon einmal erlaubt —, dann kommt zu dem uferlosen dunklen Meer unter einer gespenstischen Atmosphäre noch das Leben. Als „Luftplankton“ müßten wir es uns denken, so, wie wir auf der Erde in den obersten Meeresschichten einen Wasserplankton kennen — winzige Tierchen und Pflanzen in unabschätzbaren Scharen, die lautlos und geheimnisvoll schweben. Ich will aber nicht verschweigen, daß diese beiden äußersten Kinder oder Geschwister unserer Sonne auch noch auf andere Art verschieden sein können von den anderen. Der Berliner Astronom H. I. Gramatzki schreibt: „Wer die blasse, grünblaue Scheibe des Uranus im Fernrohr sah, wird sich dabei unwillkürlich der Farbe mächtiger Eisblöcke erinnert haben. Wenn nicht die innere Wärmestrahlung aus dem noch heißen Kern dieses dem Jupiter in vieler Beziehung ähnlichen Planeten die Oberfläche erwärmt, dann können wir uns diese Welt als eine einzige ungeheure Polargegend vorstellen, einen Eisplaneten im Sinne der Fauth-Hörbigerschen Glazialkosmogonie." — Dieselbe Möglichkeit mit ebenso vielen Vorbehalten gibt er auch für den Neptun.

*

Unser Blick muß aus Weltenfernen zurückkehren. Von den Grenzen der Sonnenwelt — es gibt eine starke Meinung, daß es noch die wirklichen Grenzen nicht seien, also von den augenblicklichen Grenzen der Sonnenwelt — zu den Geschwistern der Erde. Die ich bisher unterschlagen habe: Mars und Venus.

Solange die Kant-Laplacesche Theorie der Weltentstehung uneingeschränkt anerkannt wurde, und das war bis vor wenigen Jahren der Fall, schwor jeder Astronom und jeder Astrophysiker, daß der Mars eine ältere und die Venus eine jüngere Erde sei. Und obwohl sich allgemein eine fühlbare Abkehr von Kant-Laplace zeigt, ist man doch bei dieser Ansicht im großen und ganzen geblieben.

Nehmen wir uns zunächst die Venus vor, die ja jedem als Abend- oder Morgenstern bekannt ist. Da sie innerhalb der Erdbahn ihre Ellipse um die Sonne schlingt, hat die himmlische Liebesgöttin eine Eigenheit, die sie mit so mancher irdischen teilt. Wenn man sie von ferne sieht, ist man entzückt, in der Nähe weniger. Bei der Venus der Sternforscher ist die große Gemeinheit nur die, daß man in der Nähe überhaupt nichts von ihr sieht. Wenn sie uns nämlich am nächsten steht, dreht sie uns — Merkur macht es genau so — zwangsläufig ihre von der Sonne nicht beleuchtete Nachtseite zu. Voll sehen wir sie nur, wenn sie auf dem entferntesten Punkt ihrer Bahn auf der anderen Seite steht, dazwischen hat sie mehr oder minder ausgeprägte Sichelgestalt.

Durch solch ebenso böses wie wohlbegründetes Verhalten ist das eigentlich recht sonderbare Faktum zustande gekommen, daß wir von der Venus kaum mehr wissen als etwa vom Uranus. Wir kennen ihre Bahn, wir kennen sehr genau die Anzahl ihrer Monde — sie hat nämlich gar keinen —, und wir wissen, daß sie eine der irdischen sehr ähnliche, nur viel dichtere Lufthülle hat.

Viel mehr ist uns aber wirklich nicht bekannt. Keine Ahnung haben wir, wie ihre Oberfläche aussieht. Die verschiedenen Zeichnungen, die von einzelnen Astronomen gemacht wurden, zeigen ein ziemlich regelmäßiges Netz dunkler gebogener Streifen, die so gut wie sicher als Augentäuschung anzusprechen sind. Aus dem Mangel erkennbarer Oberflächengebilde, die durch die ewige Wolkenhülle ja verdeckt werden, erklärt es sich auch, daß wir nicht wissen, wie lang der Tag auf der Venus ist. Manche nehmen an, die Venus drehe, wie Merkur, der Sonne stets dieselbe Seite zu, dann könnte sie aber aus vielerlei physikalischen Gründen die Wolkenhülle nicht haben, so daß diese Ansicht offenbar ein Trugschluß ist. Augenblicklich hat man sich darauf geeinigt, der Venus eine Rotation etwa von der Dauer eines Erdtages zuzuschreiben, wobei von einigen Seiten der Vorbehalt gemacht wird, die Venusachse anders zu stellen. Gramatzki legt sie sogar so flach wie die Uranusachse, ohne damit bisher viel Freunde gefunden zu haben. Aus der dichten Venuswolkenhülle können wir aber eine ganze Anzahl Schlüsse ziehen. Daß sie sehr dicht sein muß, geht schon aus der visuellen Helligkeit des Planeten hervor, die so groß ist, daß die Venusatmosphäre über 70 % des Lichtes, das sie von der Sonne empfängt — und das ist doppelt soviel wie die Erde abkriegt —, zurückstrahlen muß. Außerdem ist diese Lufthülle sehr reich an Wasserdampf.

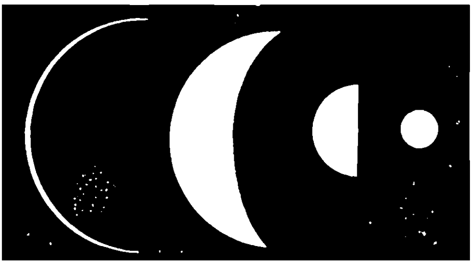


Abb. 12.
Größe und Phasen der Venus.

Manchmal kann man, wenn man das zu astronomischen Beobachtungen immer nötige Glück hat, die Venus auch sehen, wenn sie nicht von der Sonne beleuchtet wird, bzw. wenn die uns zugewandte Seite nicht von der Sonne beleuchtet wird. Sie glimmt dann in einem eigenartigen Schein, der der Menschheit lange genug Kopfzerbrechen gemacht hat (man hielt das Phänomen, als es einmal besonders stark auftrat, für eine allgemeine Freudenillumination anläßlich des Regierungsantritts eines neuen Venuskaisers), bis man endlich darauf kam, daß es sich um Polarlichter handelt, die bis zum (vermutlichen) Venusäquator flammen.

Es gehört wirklich nicht viel Phantasie dazu, um sich von den Zuständen auf der Venusoberfläche ein Bild zu machen. Der ganze Planet muß eine gleichmäßig warme, aber durch die Regulation der dichten Atmosphäre doch nicht überheizte Temperatur haben, das Tageslicht etwas dämmriger, so wie bei uns an einem trüben Herbsttage sein. Es ist möglich, daß auch die Venus noch eine Panthalassa zeigt, wahrscheinlicher jedoch, daß sie auch schon Festländer kennt. Infolge der reichlichen Wasserdampfschwängerung der Venusluft werden die Gebirge schneller verwittern als auf der Erde, über die Ebenen werden furchtbare Regenstürme rasen, über die Meere Taifune von einer Gewalt, wie wir sie nicht kennen.

Alles in allem etwas ungemütliche Zustände, aber nicht wesensfremde. Besonders dann nicht, wenn man etwas über die Vorgeschichte der Erde orientiert ist. Vielfach wird die Venus von den Forschern als ein Planet beschrieben, der sich noch im Zustand unserer irdischen Steinkohlenperiode befindet. Das ist durchaus möglich — mich persönlich erinnert der ganze „Betrieb“, wie wir ihn so auf der Venus vor uns haben, weit mehr an eine andere Erdepoche, die nicht so weit zurückliegt: an die warme Tertiärzeit, in der Kokos und Brotfrucht am Rhein, Ahorne und Eichen auf Spitzbergen und Sumpfzypressen auf Grinnelland wuchsen. Nach dieser warmen Tertiärzeit, in der der Mensch entstand, kam auf Erden die große Eiszeit der Diluvialepoche, die die Menschwerdung vollendete.

Venus erscheint mir also immer als eine zweite Tertiärerde, auf der wir uns natürlich ein Leben vorstellen können, wie es uns paßt — nur den Menschen werden wir streichen müssen. Den Menschen, wie er heute vor uns steht. Ein näheres Eingehen auf das, was auf der Venus zu erwarten ist, ist ja müßig, Tatsache ist jedenfalls daß auf ihr etwas zu erwarten ist. Ob nun die ersten Raumschiffer, die dort landen, Labyrinthodonten oder die spätere Massenschöpfung der Dinosaurier mit all ihren Schreckgestalten oder die Creodonten, Pachylemuriden und Condylarthren der frühen Tertiärzeit dort antreffen werden, nun das werden wir schon noch erleben. Ich würde, mich jedenfalls über die Saurier am meisten wundern, weniger über einen Steinkohlenwald oder über eine Tertiärzeit.

Das ist also der eine Planet, der auf jeden Fall irgendwelches Leben bergen muß, die Venus, die innerhalb der Erdbahn kreist. Der zweite Planet, auf dem Leben vorhanden ist, ist der andere Nachbar der Erde im All.

Mars, der Kriegsplanet.

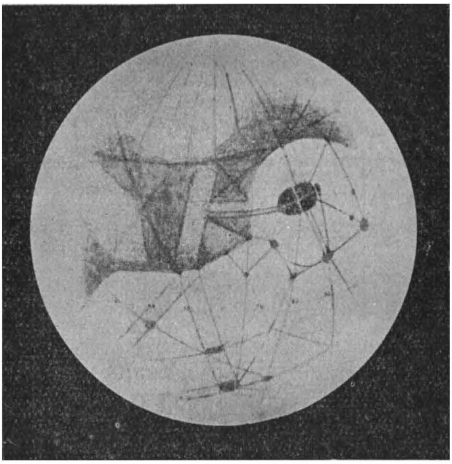


Abb. 13.
Mars mit „Kanälen und Seen" nach Percival Lowell (1895).

Der neben Venus und Mond zu den ersten Zielen eines Raumschiffes gehören wird. Wir stehen ja in der Mitte — es ist kein Wunder, daß die arme Menschheit nicht zur Ruhe kommen kann, wenn ihre heimatliche Scholle im Weltenraum ihre Bahn zwischen Venus und Mars, zwischen Liebe und Krieg, als den unruhigsten Geistern des ganzen Kosmos hat.

Der Mars ist nun der Planet, bei dem man den ahnungslosen Leser mit einer starken Dosis positiven Wissens überschütten kann.

Er ist im Mittel 227 Millionen km von der Sonne entfernt, dreht sich in 24 Std. 37 Min. und $22^1/_2$ Sek. einmal um seine Achse, hat eine der irdischen in 15 km Höhe sehr ähnliche Atmosphäre, zwei Polarkappen aus Schnee oder Reif, die im Marssommer abschmelzen, zwei kleine Monde von etwa 10 km Durchmesser, die durch die Namen Phobos und Deimos als die Begleiter des Kriegsgottes gekennzeichnet sind und ihn im Abstande von 2,77 bzw. 6,95 Marsradien in 7 Std. 39 Min. (Phobos) bzw. in 30 Stdn. 18 Min. (Deimos) umkreisen. Das hat den Erfolg, daß die Marswesen den einen ihrer Monde, nämlich den Deimos, tagelang fast an derselben Stelle des Himmels sehen, wobei er aber seine Phasen wechselt, während Phobos im Westen auf- und im Osten untergeht, und das zweimal am Tage, wobei die Phasen natürlich auch noch gewechselt werden. Die

Achsenschiefe des Mars ist 25° gegen $23^1/_2$° bei der Erde, also hat er deutlich ausgeprägte Jahreszeiten, worauf ja schon das Erscheinen und Verschwinden der Polarkappen hindeutet.

Trotzdem man nun vom Mars ersichtlich mehr weiß als von allen anderen Planeten, ist er doch der Umstrittenste. Oder vielleicht gerade darum.

Hat es doch schon einen langen Kampf gekostet, bis man das alles heraus hatte, was ich hier eben in wenigen Zeilen wiedergegeben habe.

Aus den ganzen recht widersprechenden Beobachtungen und Versuchen hat sich allmählich folgendes Bild der Zustände auf der Marsoberfläche ergeben, das wohl, solange wir mit unseren Sternwarten auf der Erde bleiben müssen, nicht mehr wesentlich geändert oder verbessert werden wird.

Die herrschende Landschaft auf dem Mars ist die Wüste, vielleicht die Salzwüste, die die hellen gelben und bräunlichen Flecke ergibt, die die Farbe des Mars verursachen. Die dunkleren Flecke hält man nicht mehr für Meere, wie früher, sondern für tiefer liegende Gebiete mit schwacher Vegetation. Nur das „Mare australe", wie schon sein Name ergibt, auf der Südhalbkugel des Mars gelegen, scheint wirklich ein „Meer", d. h. bei der Wasserarmut des Kriegsplaneten ein seicht überschwemmtes Gebiet zu sein. Die Atmosphäre ist sehr dünn und dementsprechend kalt, man hat für die Durchschnittstemperatur des Marsäquators 3° C u n t e r Null gefunden, für die Durchschnittstemperatur der Pole gar nur 52° C unter Null. Doch kann die Tagestemperatur eines Ortes auf dem Marsäquator im Sommer 14° Wärme gut erreichen, so daß sie der eines lauen Frühlingstages bei uns entspricht[1]). Ab und zu fegen durch die

Abb. 14.
Mars in größter Phase (50°) Anfang Dez. 1924 nach T. E. R. Philipps.

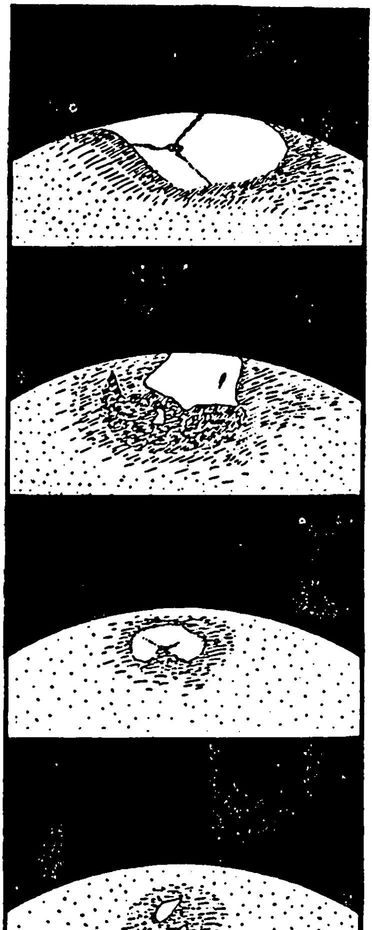
---

[1]) Die Zahlen, die ich gebe, sind sehr vorsichtig, es ist wahrscheinlich, daß es manchmal für mitteleuropäische Begriffe auch recht heiß werden kann. In meinem Marsbuch steht noch die Tabelle, die Dr. Dekker nach den Angaben von Köppen, Pettit und Nicholson, Coblentz und Sampland zusammengestellt hat:

weiten flachen Wüsten Sand- und noch seltener Schneestürme, die durch kein Gebirge gehemmt werden. Unter diesen Verhältnissen kann natürlich nur ein recht kältefestes Leben existieren, doch wäre es m. E. glatt möglich, den Mars mit unseren Hochgebirgspflanzen und Hochgebirgstieren zu besiedeln, so daß es die Natur wohl schon von selbst getan hat. Auch für den Menschen wäre ein zeitweiser Aufenthalt auf dem Kriegsplaneten mit Hilfe seiner technischen Mittel tragbar.

Ob es nun, das ist doch die beliebteste Frage, auf dem Mars schon an und für sich etwas, was man als Mensch bezeichnen könnte, gibt?

Es ist sonderbar, Svante Arrhenius, der der ganzen Lehre vom Leben auf anderen Weltkörpern mit seiner Panspermie eine der stärksten Stützen geliefert hat, nannte den Mars, von dem die meisten doch soviel halten, eine „ohne Zweifel tote Welt“. Und Dr. Dekker, über dessen Buch „Planeten und Menschen“ noch zu sprechen sein wird, meint auch, Mars sei tot. Er hält ihn allerdings für ge-



Juli

Aug.

Sept.

Okt.

Abb. 15.
Abschmelzen der Südpolkappe des Mars.
(Beobachtet von Fournier)

Breite:	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Durchschnittstemperatur:	—3°	—4°	—7°	—12°	—18°	—27°	—38°	—41°	—51°	—52°

storben, nicht für tot von Urzeiten her, was auch von vielen anderen verfochten wird.

Was den Mars in den Verdacht brachte, „Menschen" zu beherbergen, wissen wir ja, seine „Kanäle". Die unendlich feinen, nur mit größter Anstrengung sichtbaren dunklen Linien, die auf der im Kapitel von Dr. Debus gebrachten Marskarte bedeutend verstärkt und darum deutlich zu erkennen sind. Als man noch glaubte, daß alle die dunklen Gebiete des Mars wirkliches Meer seien, blieb für die „Kanäle" gar keine andere Deutungsmöglichkeit als die als Wasserläufe. Und da die Wasserläufe streng geradlinig waren und sich zu einem überaus praktischen Netz verbanden, auch keine andere als die künstlicher Wasserstraßen. Womit Bewohner von mehr als Menschenintelligenz gegeben waren. — Seitdem man nun aber für die Kanäle selbst immer unsicherer geworden ist, seitdem manche sie für Augentäuschungen überhaupt, andere für Erdbebenbruchlinien, Schatten von langen Gebirgszügen (die es gar nicht auf dem Mars

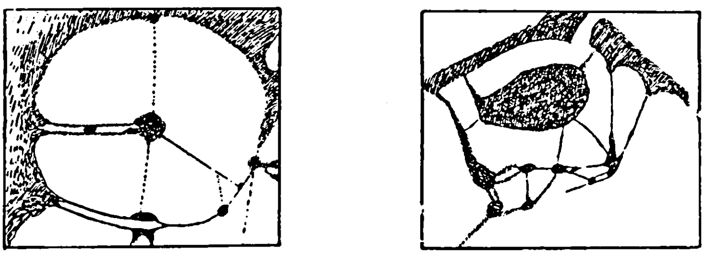


Abb. 16.
Lacus solis nach Molesworth und nach Hussey.

gibt), Sprünge im Eis der Marsmeere, die wir, weil sie weiß verschneit sind, für Festland halten sollen, und Gott weiß, was sonst noch alles ansehen, hat man auch die Hypothese von den intelligenten Marsbewohnern immer mehr fallen lassen. Das Flaggstaffobservatorium

---

Im neuesten (Januar-) Heft des „Kosmos" finde ich jedoch neue Meldungen von Lowells Sternwarte, die wesentlich andere Zahlen geben:

„Man fand für den Mars-Spätsommer in der Südpolargegend —10° bis +10° C; in der südlichen gemäßigten Zone +10° bis +20° C; in der Äquatorgegend +20° bis +30° C; in der nördlichen gemäßigten Zone +5° bis +15° C; in der Nordpolargegend —25° bis —40° C. Durchweg ist also die südliche Halbkugel wärmer als die nördliche. Auch konnte man ganz bestimmte warme und kalte Stellen finden. So sind die dem Beobachter hell erscheinenden Stellen des Mars kälter als die dunklen; der Unterschied beträgt etwa 10—15° C."

Professor Lowells ist wohl die letzte wissenschaftliche Heimat der intelligenten Marsmenschheit. Größer ist schon die Zahl derjenigen, die die Marskanäle für das Werk einer früheren Marsintelligenz halten, das wir noch ruinenhaft und tot im Weltenraum erblicken. Und um die Ruinen schleichen seltsame Marstiere und winden sich unheimliche Marspflanzen.

Ich kann hier aus Raumgründen nicht des näheren auf den Mars eingehen und empfehle dem engeren Interessentenkreis die Lektüre meines im Literaturverzeichnis am Schluß aufgeführten Buches vom Kriegsplaneten.

Sagen will ich nur, daß ich auch nicht an eine noch lebende Marsmenschheit glaube, eher schon an eine ehemalige, daß es mir aber auch nicht möglich ist, mich zu der Ansicht derjenigen durchzuringen, die ihn für vollkommen tot halten.

Durch das vergrößernde Rohr grüßt uns der Kriegsplanet als eine Welt des Polarklimas, der Gletscher und Binneneis nur fehlen, weil das Wasser mangelt, und in der am Rande der salzigen Wüsten Reste einer Tier- und Pflanzenwelt mit der Kälte und der schneidenden dünnen Luft kämpfen, die früher anders organisiert waren, aber in zäher Anpassung auf ihrem sterbenden Stern die letzte Wacht halten, wie unsere Pinguine am Rande des vereisten Südkontinents, der einst Palmen trug. —

Also Leben auf den inneren Planeten des Sonnensystems und auf den Jupitermonden können wir als wahrscheinlich annehmen. Was darüber hinaus ist, aber nur ahnen. Alle Logik spricht für Leben auf den Planeten anderer Sonnen unseres Milchstraßensystems und auf den Planeten der Sonnen anderer Milchstraßensysteme, wie wir im Andromedanebel eins sehen. Aber außer unserer Logik haben wir für dies wirklich ferne Leben keinen Beweis.

Auch das Raumschiff wird den Beweis nicht erbringen, denn selbst, wenn wir einmal mit Lichtgeschwindigkeit durch das All rasen sollten (was unseren Urenkeln vielleicht beschieden sein kann), werden uns die Weltinseln der Spiralnebel, zu denen auch der Nebel in der Adromeda gehört, immer ferne Weltinseln in blauester Unendlichkeit bleiben, zu denen nur träumende Gedanken und Sehnsüchte gelangen. Nie aber ein Mensch . . .

Für unseren Gedankengang aber werden hier nun noch zwei andere Fragen bedeutsam.

Wir sprachen von der Anpassungsfähigkeit des Lebens. Daß es jede Kälte ertrage. Wie steht es denn aber nun mit der Lebenszähigkeit nach der anderen, nach der Hitzeseite hin? Auch das ist ja schon kurz gestreift worden, bei der Erwähnung der naturphilosophischen Gedanken Gustav Theodor Fechners.

Tatsache ist ja nun, daß wir uns ein reges Tier- und Pflanzenleben leichter bei einer Durchschnittstemperatur, die 50° C unter der heutigen steht, vorstellen können, als ein solches bei 50° Wärme mehr. Nun sind ja auf der Erde, wie die Geologie weiß, derartig große Schwankungen noch nicht vorgekommen. Jedoch Schwankungen nach unten und oben im Betrage von 6°—8° C, die warme Erdepochen, wie etwa die Tertiärzeit, oder Eiszeiten entstehen ließen. Wenn man nun danach fragt, ob in einer Eiszeit oder in einer warmen Epoche ein regeres Leben auf unserem eigenen Planeten geherrscht hätte, dann kann man nur antworten, daß es weder während des einen noch während des anderen Extrems an Ausbreitung und Intensität zu wünschen übrigließ. Also kann auf unseren beiden Nachbarn im All, von denen einer eine permanente Eiszeit von einer Strenge repräsentiert, wie wir sie von der Erde allerdings nicht kennen, während der andere augenscheinlich mitten im allerschönsten paradiesischen Heißdampfklima steckt, wirklich recht viel „los sein“.

Wie es nun mit der Hitzetüchtigkeit steht?

Ich deutete es eben schon an, sie ist nicht so hervorragend wie die Kältetüchtigkeit. Offenbar, weil die Kälte bei einem belebten Gestirn stets die nähere Gefahr ist. An einzelnen Orten haben sich aber auch hervorragende Hitzeanpassungen herausgebildet, besonders bei mikroskopischen Algen und auch wieder bei Bazillen, die in den beinahe kochenden Geisern Islands und des Yellowstone River Park leben. Man hat einzelne Arten gefunden, die bei 70° Wasserwärme noch gewohnheitsmäßig, bei noch höheren Temperaturen bis zu 89° vorübergehend ausdauern. Milzbrandbazillen haben im Laboratorium sogar mehr als 140° über drei Stunden ertragen. Auch einige andere solcher Einzelfälle kennt man noch, es handelt sich aber stets nur um Bazillen, die eben „zu allem fähig sind“. Höheres Leben ist bei höheren Temperaturen schon darum unmöglich, weil das Eiweiß bei etwa 45°—50° gerinnt. Trotzdem sind die Temperaturregelungsvorrichtungen der Säugetiere so hervorragend, daß bei Temperaturen selbst über dieser Grenze doch noch keine Lebensgefahr besteht, wenn der Organismus erst sich an die Hitze gewöhnt hat. Einige Forscher haben ja auch das auf jeden Fall lehrreiche Experiment gemacht, sich bis zu einer Viertelstunde in einem Raum, der auf 125° geheizt worden war, aufzuhalten.

Solche Experimente dürfen aber nicht darüber täuschen, daß ein Weltkörper, dessen Temperatur dauernd mehr als 60° beträgt, nicht mehr recht als bewohnbar gelten kann.

Hier hat man nun aber seit langem einen chemischen Traum, der von Buch zu Buch nachgebetet wird. Es handelt sich bei diesem „Traum" um einen „Eiweißersatz", der eine uns nun tatsächlich vollkommen unbekannte Art von „Leben" auf hochtemperierten Weltkörpern möglich machen soll.

In dem Eiweiß, das wir kennen, spielt die Hauptrolle das Element Kohlenstoff, das die einzigartige Eigenschaft hat, nicht nur an sich schon komplizierte Verbindungen zu bilden, sondern diese Verbindungen auch untereinander noch zu förmlichen „Ketten" zu verkoppeln. Wenn nun Lebewesen eines fremden Weltkörpers in ihrem Eiweiß ein anderes Element als Kohlenstoff besäßen?

Man kennt nur noch ein Element, welches chemisch dafür in Frage käme und das auch auf allen Weltkörpern anzutreffen sein dürfte, den Kieselstoff oder, wie der Chemiker ihn nennt, Silizium. Nun ist es auch, wie Dr. Hurwitz in einem Artikel in der „Umschau" mitteilt, verschiedenen Chemikern gelungen (besonders Stock und Kautsky haben sich da verdient gemacht), Verbindungen aufzubauen, die „eigentlich" Kohlenstoffverbindungen waren, aber an Stelle der Kohlenstoffatome in ihren Molekülen Kieselstoffatome enthielten [1]). Man hat ziemlich komplizierte, unter anderen auch die berühmten ringförmigen Bindungen des Kohlenstoffs, mit Kieselstoff, erreicht, die Bildung längerer Ketten ist jedoch mißlungen und wird für gänzlich unmöglich gehalten.

In der lebenden Tier- und Pflanzenwelt, die reguläres Kohlenstoffeiweiß hat, ist eine Kieselstoffverbindung, die der Kohlensäure (CO_2) analog gebildete Kieselsäure (SiO_2, eigentlich auch nur, wie bei der Kohlensäure das Anhydrid) in reiner Form recht häufig anzutreffen. So als Festigungsmaterial in vielen Gräsern; das Riesen-

[1]) Um einige Beispiele zu nennen, will ich sagen, daß es gelungen ist, „Kieselameisensäure", „Kieselalkohol" und „Kieselchloroform" herzustellen.

gras der Tropen, der Bambus, scheidet sogar nußgroße Kieselsäurekonkretionen ab, die in der asiatischen Medizin als „Tabaschir“ eine große Rolle spielen. Auch die wundervollen Panzer der namentlich durch Haeckel berühmt gewordenen mikroskopischen Radiolarien bestehen aus Kieselsäure.

In älteren Büchern (Carus Sterne, „Werden und Vergehen“, 7. Auflage, Band I) findet sich noch die Angabe, daß durch den Kieselstoff „die Möglichkeit einer zweiten organischen Welt, einer Kieselschöpfung, erscheint. Allein diese, so möglich sie selbst dem ernsten Chemiker erscheinen möchte, liegt unerweckt und unerschaffen schlafend in den Kräften der Materie, und wir sehen hier wieder einmal das uns in der Natur so häufig entgegentretende Prinzip der Sparsamkeit walten, das statt zweier möglicher Schöpfungen sich mit der Verwirklichung einer einzigen, der Kohlenstoffwelt, begnügt hat“.

Andere Autoren meinten jedoch, auf sehr heißen Welten möge das Leben doch auf die andere Möglichkeit zurückgegriffen haben und eine feuerbeständige Lebewelt geschaffen haben, so wie es die Sage dem harmlosen Feuersalamander nachsagt.

In den neuesten Schriften, die dies Thema behandeln, ist man aber vom Gedanken selbst der bloßen Möglichkeit immer weiter abgekommen. Bisher hat die jetzt geltenden Bedenken keiner besser volkstümlich wiedergegeben als Dr. Hermann Dekker („Planeten und Menschen“, Seite 84—85), den ich darum im folgenden zitieren will. „Der Kieselstoff ist nicht so unparteiisch wie der Kohlenstoff, er bevorzugt den Sauerstoff in unerlaubter Weise. Mit Wasserstoff eine Verbindung einzugehen, hat er wenig Neigung, die Vereinigung wird sofort vom Sauerstoff gesprengt. Mit einem solchen Lebensstoff läßt sich die zum Leben nötige feine Abstufung chemischer Vorgänge nicht erreichen. Überhaupt wäre Lebensführung auf dieser chemischen Grundlage unmöglich. Es müßte ja Lebewesen geben, die die überall reichlich vorhandene Kieselsäure mit Hilfe einer von außen zuflutenden Sonnenenergie spalteten. Festsitzende, die von beiden, Licht und Kieselsäure, gleichzeitig berührt würden. Unmöglich wäre es ja schließlich nicht, was erfindet das Leben nicht alles! Die Rolle von Zucker und Stärke müßten schon ‚Kieselhydrate‘ spielen, die mit Sauerstoff verbunden die Energie der Lebensleistungen lieferte. Und das Verbrennungsergebnis wäre nicht, wie hier, Kohlensäure, ein Gas, das ausgeatmet werden kann, sondern Kieselsäure — Quarz, Sand —, ein fester Stoff, den wir uns als chemisches Glied in der Kette des Kreislaufs gar nicht vorstellen können. Nein, Kieselstoff wäre für Aufbau und Betrieb des Lebens ganz unbrauchbarer Kohlenstoffersatz.“ Dr. Dekker kommt dann zu dem Schluß, den ich bisher im ganzen Verlauf dieser Plauderei als selbstverständlich vorausgesetzt habe, daß die chemische Konstitution des Lebens stets dieselbe sein muß. „Nur für einen Stoff wie Eiweiß finden sich unerschöpfliche Rohstofflager auf jedem einzelnen Himmelskörper, für keinen anderen Baustoff.“

Es ist deshalb auch zwecklos, auf den Gedanken einzugehen, den M. W. Meyer einmal ausgesponnen hat, indem er sich eine Lebewelt vorstellte, bei der die Rolle des Wassers von flüssiger Kohlensäure übernommen werden sollte.

Diese Kieselwelt war die eine Frage, die für unseren Gedankengang noch von Wichtigkeit war.

Nun die andere.

Sie wurde von dem amerikanischen Professor Lawrence E. Henderson angeregt, der ein Buch mit dem Titel „Die Umwelt des Lebens, eine physikalisch chemische Untersuchung über die Eignung des Anorganischen für die Bedürfnisse des Organischen“, im Jahre 1914 erscheinen ließ, daß mir leider in der Urausgabe zu erhalten nicht möglich war, so daß ich mich hier auf verschiedene Referate und auf die Ausführungen Dekkers darüber beziehen muß.

Henderson sieht das Sonderbarste in der ganzen Lebensfrage nämlich nicht darin, daß es sich so großartig angepaßt hat, sondern daß es sich anpassen konnte.

Wie er es meint, wird an wenigen Beispielen klar.

Das Wasser ist, unter wärmetechnologischen Gesichtspunkten gesehen, wohl der merkwürdigste Stoff. Seine spezifische Wärme ist ganz außergewöhnlich groß, wenn man sie gleich 1 rechnet, dann ist die spezifische Wärme des Eisens 0,1, die des Quecksilbers 0,033 usw. Unter „spezifischer Wärme“ versteht man die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 g eines Körpers um 1° zu erhitzen. Wenn man die soeben angegebenen spezifischen Wärmen der drei Körper Wasser, Eisen und Quecksilber vergleicht, dann wird es ohne weiteres klar, daß Eisen oder Quecksilber schon böse Hitzegrade von einer Wärmemenge erhalten, die auf dasselbe Quantum

Wasser einen kaum nennenswerten Eindruck macht. Nun stelle man sich vor, die irdischen Meere beständen aus Quecksilber. Die Wärme eines einzigen Sonnentages würde sie dann so erwärmen, daß alles Leben absterben müßte. (Von der Giftigkeit des Quecksilbers ist bei dieser Überlegung natürlich vollkommen abzusehen.) Oder wenn

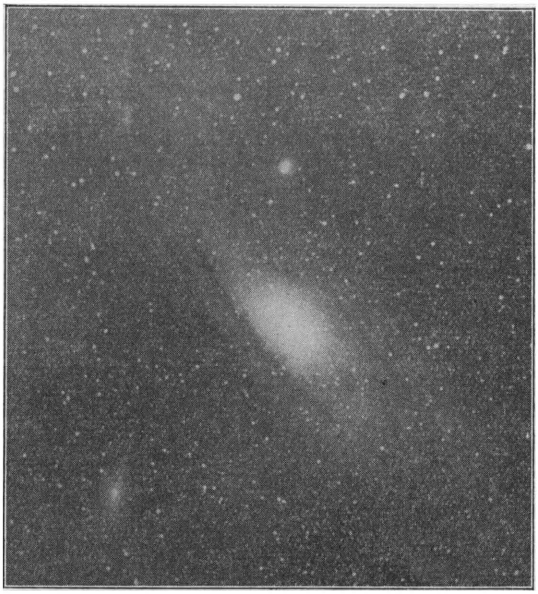


Abb. 17.
Der große Nebel in der Andromeda (Photographie der Yerkes-Sternwarte).

wir im Blut Quecksilber statt Wasser hätten! Wir müßten stets in unterirdischen Höhlen leben, weil uns die sprunghafte Steigerung unserer Blutwärme bei auch nur kurzdauernder Sonnenbestrahlung töten würde, wie die Schwarzalben der Mythe und die anderen unterirdischen Gestalten der Sagen und Märchen durch das Licht des Tages getötet wurden. Und auch dann müßten wir uns noch mit einer pflanzenhaft festwurzelnden Lebensweise begnügen, weil ein kurzer Dauerlauf schon tödliche Wärmequantitäten erzeugen würde.

Ähnlich hoch wie die spezifische Wärme liegt die Schmelz- und die Verdampfungswärme des Wassers. Läge z. B. die Schmelzwärme ähnlich wie bei anderen ähnlichen Flüssigkeiten, dann würden die Hochgebirgsgletscher im Frühjahr urplötzlich zu alles vernichtenden

Wasserfluten werden. Wäre andererseits die Verdampfungswärme niedriger, so wäre das wichtigste Mittel, um gefahrdrohende Temperaturen im Säugetierkörper zu verhüten, das Schwitzen, völlig unzulänglich; eine Flüssigkeit, die geringere Wärmemengen als das Wasser zum Verdampfen gebrauchen würde, wäre unnütz, da sie ja nichts schaffen würde oder so große Flüssigkeitsmengen gebraucht werden würden, wie sie der Körper unter keinen Umständen zur Verfügung haben könnte.

Das dritte Wasserwunder ist sein Gefrierpunkt. Ebenfalls außerordentlich hoch, die anderen chemisch ähnlich zusammengesetzten Stoffe haben ihn im Mittel hundert Grade tiefer (Kohlensäure, Schwefelsäureanhydrid, Ammoniak usw.). Da Eis auf Seen und Meeren sich nicht wesentlich unter 0° im allgemeinen abkühlt, kann auch das Winterklima selbst hochpolarer Gebiete nicht zu einer negativen Hölle werden. Zu dem Eiswunder des Wassers gehört ja auch noch, daß Eis l e i c h t e r ist als Wasser, so daß Seen und Flüsse von oben, nicht von unten zufrieren. (Das sogenannte Grundeis ist eine sehr seltene Erscheinung.) Wäre Eis schwerer als Wasser, dann würde es untersinken, neues Wasser mit der kalten Luft in Berührung bringen und so fort, bis der ganze Wasserlauf des Sommers zu einem Eisklumpen geworden und alle Bewohner getötet hätte.

Sonderbar ist beim Wasser fernerhin, daß es ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für die meisten chemischen Stoffe ist, dagegen selbst chemisch äußerst träge. „Wir können also mit Sicherheit annehmen, daß das Wasser schon durch seine Wärmeeigenschaften die einzige, für die Vorgänge der Weltallentwicklung geeignete Substanz ist, wenn wir diese Vorgänge vom biozentrischen Standpunkt aus betrachten wollen."

Sagt Professor Lawrence E. Henderson.

Ähnlich liegt die Sache auch bei der Kohlensäure, über die wir nun ja schon genug gesprochen haben. Und man versteht nun schon, warum Henderson es für das merkwürdigste hält, daß die Lebewesen sich anpassen k o n n t e n. Es wäre nämlich tatsächlich das Leben unmöglich, wenn in der Welt auch nur eines g r u n d l e g e n d anders wäre. Wobei als „grundlegend" gelten soll, daß das Wasser nicht andere Eigenschaften haben dürfte als seine wirklichen, und genau so der Kohlenstoff. Absolut n i c h t grundlegend sind die eigentlich recht geringen Unterschiede zwischen den Verhältnissen auf den Planeten unseres Sonnensystems.

*

Als letzte Frage drängt sich nun aber noch eine andere als Schlußglied der Gedankenkette auf.

Wie viele Berufene und Unberufene haben sich schon den Kopf zerbrochen, welchen Zweck wohl das Leben haben mag. Die beste Antwort war bis jetzt immer noch: Selbstzweck. Doch ist hier ungefähr dasselbe Wort berechtigt, das Professor Schwalbe in seinem Vortrag über die „Entstehung des Lebendigen“ gebrauchte. Er meinte, daß es unnütz sei, über den Ursprung des Lebens zu grübeln, es grübele ja auch niemand über den Ursprung der Materie. Schwalbe selbst bekannte sich im Anschluß daran zur Idee der Ewigkeit des Lebens und dementsprechend zur Panspermie.

Über den Ursprung der Materie hat man auch tatsächlich erst in neuester Zeit nachgedacht, sogleich auch mit einigem Erfolg (Nernst und seine Richtung ist es), wobei man notwendig auf die Identität von Materie und Energie geraten mußte, also auf einen vollständigen Monismus in dieser Hinsicht. Die Energie muß nun aber doch auch wieder als ewig angenommen werden. Also Ewigkeit auf jeden Fall. Sowohl beim Leben als auch bei der Materie oder Energie.

Wenn nun also vielleicht, der Analogieschluß drängt sich ja auf, auch bei der Lebenszweckfrage ein Hinüberschauen zur Materie im Kosmos angebracht wäre?

Dann ergibt sich aus rein philosophischer Überlegung eine Antwort, die wir fast aus unserer bisherigen rein wissenschaftlichen Betrachtung schon gewonnen haben: Der Zweck des Kosmos ist das Leben! Denn da das Leben an die durch Henderson zusammengefaßten Ausnahmeeigenschaften gewisser Stoffe, also hauptsächlich des Wassers und des Kohlenstoffs, gebunden ist, diese Stoffe mit ihren Ausnahmeeigenschaften aber überall vorhanden, also, wie sich Dekker ausdrückt, „im ganzen All auf allen Weltenkugeln von jeher die Tore geöffnet waren für einen triumphierenden Einzug des Lebens“, dann ergibt sich eo ipso, daß jeder Weltkörper auf das Leben wartet, zur Erfüllung seines eigenen Daseins.

Bei jedem Planeten jeder Sonne muß einmal in die Panthalassa seines Beginns der Keim ewigen Lebens aus den Weiten des ewigen Alls gefallen sein, der einzige Unterschied besteht in der Möglichkeit des Aufstieges, die nicht eintreten konnte, wenn bei zu kleinen Körpern die Zeit nicht reichte. Ich spreche, wohlgemerkt, dabei nur von kalten Welten, nicht von Planeten nach der Art unseres Riesen Jupiter. Und wenn jetzt wieder eine Richtung neben der Wissenschaft herläuft, die allein, ganz allein sein will im All, nicht den kleinsten Bazillus als Bruder neben sich dulden, dann kann man nur ihr Denken verfolgen, wie man einen vielleicht schönen aber wirklichkeitsfremden Film verfolgt und noch an ein Wort Wilhelm Bölsches denken, das er in dem eingangs erwähnten Vortrag aussprach, daß die Worte „Einsamkeit" und „Eis" wohl im Verfolg einer alten Eddatradition uns immer noch ein wenig rappelig machen.

Es hilft alles nichts, wir sind nicht allein, wir können es nicht sein, denn wir können weder die Logik noch die Gesetze der Natur um unseretwillen streichen.

Das Dasein der Himmelskörper ist die Vorbereitung auf das Leben. Und auf einem besonders begünstigten erhebt es sich bis zur Höhe des Menschen. Oder höher. Nicht auf allen, auf manchen, so wie wenige nur auf der untersten Stufe des Lebentragens bleiben werden.

Und das Raumschiff wird das Letzte vollbringen, was in dieser Richtung zu vollbringen ist: uns das ferne Leben z e i g e n.

Raumschiffahrtsdichtung und Bewohnbarkeitsphantasien seit der Renaissance bis heute

Von Dr. Karl Debus

Die Renaissance brachte eine gewaltige geistige Umwälzung in Europa. Der Ansturm gegen die verknöcherten Schulmethoden der Spätscholastik, mit der man zugleich auch die Hochscholastik treffen wollte, wurde in unerwarteter Weise von der neuen naturwissenschaftlichen Bewegung her gestützt. Besonders war es das Gebiet der Astronomie, auf dem sich die größten Umwälzungen vorbereiten sollten. Seit durch Ptolemäus sich die kosmologischen Anschauungen des Altertums im geozentrischen Weltbild verfestigt hatten, war ein Fortschritt auf diesem Gebiete nicht mehr erfolgt. Das geozentrische System war zum festesten Unterbau der religiösen Weltanschauung geworden. Wieder war Kosmologie wie in der babylonischen Sterngötterlehre in enge Beziehung zur Theologie getreten, diesmal allerdings rationaler, moderner. Die Erde als Mittelpunkt des Alls war zugleich der Ort der Erlösung als des Höhepunktes der Weltentwicklung und Weltgeschichte. Aufbau und Ordnung des Kosmos dienten letztlich dem Leben der Seele, ihrem Heile wie ihrem Verderben, entsprechend ihrem sittlichen und religiösen Verhalten. Die sittlichen und religiösen Werte standen an der Spitze aller Werte. Immerhin muß gesagt werden, daß der große philosophische Geist der Hochscholastik, Thomas von Aquino, an einer Stelle seiner Werke die Möglichkeit zugibt, es könnten die zu seiner Zeit als wirklich angesehenen scheinbaren Bewegungen der Sonne, des Mondes und der Sterne einmal ganz anders erklärt werden. Für Dante jedoch gilt das geozentrische Weltbild wieder unumschränkt. Die Hölle ist im Mittelpunkt der Erde untergebracht (noch Cyrano von Bergerac läßt die Erde im Mittelpunkte von den Verdammten gleich einem Tretrade bewegt werden). Das Planetenreich ist der Himmel der

Seligen, eine Anschauung, die ja bei kindlichen Gemütern heute noch nachwirkt. Uralte astrologische Vorstellungen von der Natur der Planeten werden dabei von Dante aufgenommen und ins Metaphysische gewendet. Die Natur der Planeten ist für den Florentiner im allgemeinen das Licht, wobei er fast keinen Unterschied macht zwischen physischem und geistigem, mystischem Licht. Es gibt also auch im Mittelalter eine Wanderung von Planet zu Planeten, allerdings eine nicht um ihrer selbst willen unternommene und eine, die nur ausnahmsweise einem Sterblichen von der Vorsehung gestattet wurde. Diese Wanderung ist zudem philosophisch, sittlich und religiös unterbaut und so letzten Endes eine symbolische, zum mindesten für unser heutiges Empfinden.

Die Renaissance brachte die große Hinwendung zur Natur, zur Wirklichkeit. Die Renaissancephilosophie, von den Griechen stark beeinflußt, ist ästhetisch und kosmisch gerichtet und rückt den Menschen in den Mittelpunkt aller Betrachtung. Der Mensch will über die Dinge der Natur und des Kosmos herrschen, zuerst noch mit Magie, dann durch exakte Beobachtung und Berechnung der Kräfte der Natur, sowie ihre technische Bändigung. Der Geist Roger Bacons und Alberti Magni steht wieder auf in den Naturphilosophen der Renaissance, in Baco von Verulam, in Galilei und andern. An die Stelle der typisch mittelalterlichen Frage nach dem Wesen und dem Zweck der Dinge ist die Frage nach Maß, Zahl und Gewicht getreten. Noch wirken gewisse mittelalterliche apriorische Ordnungsprinzipien fort. So kam z. B. noch Kopernikus von der Vorstellung nicht los, der Kreis als die vollkommenste Form der Bewegung müsse die Planetenbahnen beherrschen. Doch mit der systematischen Beobachtung der Natur, mit dem Experiment war Bresche zugunsten einer exakten Erkenntnis gebrochen. Die induktive Methode führte ein ganz neues Zeitalter der Wissenschaft herauf. Die umwälzenden astronomischen Entdeckungen eines Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton schufen ein ganz neues Weltbild, das allerdings in seinen ersten Anfängen auch nur als eine Erneuerung antiker Anschauungen, namentlich des Aristarch von Samos, betrachtet wurde und das nach neueren Erkenntnissen schon von einigen alten Ägyptern vorgeahnt war, deren Weisheit wahrscheinlich selbst wieder auf die Chaldäer zurückging. Das Fernrohr erschloß die Tiefen des Universums, und nun wurden die Monde von Jupiter und Saturn, der wunderbare Saturnring, die Lichtgestalten der Venus beobachtet, später der Planet Uranus entdeckt, der Planet Neptun von Leverrier errechnet und dann erstmals von Galle ganz in der Nähe der von dem französischen Astronomen bezeichneten Stelle gefunden. Gleichzeitig begann man sich mit der Bewohnbarkeit der Welten zu beschäftigen. Die Erde war durch das kopernikanische System aus dem Mittelpunkte des Alls gerückt. Gleichzeitig war aber die Bedeutung des Menschen durch den Humanismus gestiegen. An die Stelle der theozentrischen war die anthropozentrische Anschauung getreten, die sich in der Schätzung der kraftvollen Einzelpersönlichkeit in der Renaissance am stärksten äußerte. So waren die Vorbedingungen geschaffen, die Menschenwelt als Krone der Schöpfung auch auf andere Himmelskörper zu projizieren, das Dogma von der Mehrheit bewohnter Welten aufzustellen. Der alte theologische Gedanke des Mittelalters erhielt eine Richtung auf den Kosmos. Es drängte zur neuen Anschauung auch die neue mythenbildende Kraft der entbundenen Renaissancesubjektivität. In ihr war, wie in den Zeiten der jonischen Naturphilosophen, wie später in den Zeiten der Romantik, eine religiöse Kraft, eine mystische Erregung aus dem Urgrund subjektiver Verbundenheit mit Gott lebendig, die zur Schaffung neuer, großartig-überwältigender Symbole drängte. Die Bewohntheit der Welten war ein solches Symbol. In ihm spiegelte sich ein Rest mittelalterlichen Denkens, eben jener Danteschen Phantasie, nach der der Himmel der Ort der Seligen, die Planeten ihre Wohnstätten sein sollten. Nur wurde diese Anschauung jetzt der allgemeinen Tendenz der Zeit entsprechend profanisiert, säkularisiert. Dazu trat das neue utopische Denken, das, auf Plato fußend, durch Thomas Morus, durch Campanella, durch Bacon in die Philosophie eindrang. Die Anfänge sozialistischen und besonders technischen Denkens im Dienste des Humanismus und des Fortschritts zeigen sich in diesen Utopien, und es lag nahe, den vorgefaßten, und erträumten idealen Zustand auf eine ferne Himmelswelt zu projizieren, wie es ja Dante auch gemacht hatte, nur in einem ganz andern Sinne.

Seit Giordano Brunos Zwiegesprächen „Dell'infinito universo e mondi“ (Venedig 1584, herausgegeben von Wagner und de Lagarde 1888/89, „Vom unendlichen All und den Welten“) wurde der Gedanke, auch andere Sterne könnten bewohnt sein, eine Angelegenheit der europäischen Menschheit, die leidenschaftlich diskutiert wurde. Bruno entwickelte in diesen Zwiegesprächen aus dem kopernikanischen System die Anschauung, das Universum bilde ein Gefüge zahlloser Welten, von denen jede aus dem Chaos zur Ausgestaltung emporblühe, um ihre Sonne bewegt werde, ihr eigenes Leben führe und schließlich dem Geschick des Vergehens wieder anheimfalle. Nur ein kleines unter vielen ist unser Sonnensystem, und überall quillt Mannigfaltigkeit aus dem bunten Getriebe weniger und gleicher Stoffe. „Wo du weilst, ist der Welt Mittelpunkt. Um dich baut sich überall in gleicher edler Schöne eine durchschaubare Welt in harmonischen Systemen"[1]. Was auf unserer irdischen Rauminsel möglich, ja notwendig war, die Entstehung der Pflanzen-, Tier- und Menschenwelt, warum sollte sich dies auf andern Sternen nach den gleichen Gesetzen nicht wiederholen?

Solche Spekulationen philosophischer und kosmologischer Art finden frühzeitig ihren literarischen und romanhaften Niederschlag. Schon im Altertum deuten Sagen, wie die von der Sonnenfahrt des Phaeton, vom Flug des Ikarus, darauf hin, daß sich der Mensch mit dem Flug ins All wissenschaftlich, vielleicht sogar technisch beschäftigte. Im Talmud wird von der Himmelfahrt gesprochen, die aber dort durch magische Formeln ermöglicht werden soll. Der Zaubermantel Fausts, der ihn durch die Lüfte trägt, ist ein Nachklang derartiger Vorstellungen. Das „bißchen Feuerluft", das Mephistopheles bereitet, ist eine aus dem neuen technischen Denken entspringende Goethesche Zutat. Daß man in früheren Kulturepochen schon eine bemerkenswerte technische Höhe erreicht hatte, dafür sind übrigens nicht nur staunenswerte Zeugen die Cheopspyramide sowie andere Bauten des Altertums, die nach neueren Forschungen astronomischen Zwecken dienenden Reihen der Menhirs und Hünensteine, sondern auch die Überlieferung Platos, nach der die Bewohner des verschwundenen Erdteils Atlantis imstande waren, sich in die Luft zu erheben. Diese Erzählung wird heute in den Tagen des motorlosen Segelfluges wieder ernst genommen. Ob nicht auch das Fernrohr in früheren Weltaltern bekannt war? Merkwürdig ist jedenfalls die Tatsache, daß gewisse auf der iranischen Hoch-

---

[1]) Siegfried Bohn, „Die Wahrheit im Wandel der Weltanschauung", S. 177, Ferd. Dümmler, Bonn.

ebene wohnende Priester von der Existenz der Jupitermonde wußten, ohne von dem modernen Fernrohr eine Ahnung zu haben. Sie konnten von ihnen vielleicht durch uralte Überlieferung wissen, es gibt aber sehr scharfsichtige Menschen, die bei klarer Luft die vier großen Jupitermonde sehen sollen. Merkwürdig klingt auch die Erzählung der Bibel, Elias sei in einem feurigen Wagen zum Himmel gefahren. Neuere Forscher nehmen an, auch die Elektrizität sei schon in früheren Jahrtausenden bekannt gewesen. Die in den Pyramiden gefundenen Kupferdrahtanlagen sollen ein Beweis dafür sein.

In unserer geschichtlichen Zeit bringt der Grieche Lucian unter dem Titel Menippus die erste Mondreise. Der Held dieser Erzählung schifft über die Säulen des Herkules, damals das vermeintliche Ende der Welt, hinaus. Eine Windhose ergreift sein Schiff und trägt es auf eine kugelförmige erleuchtete Insel im Raume. (In den Erzählungen Münchhausens im 18. Jahrhundert wird dieser Zug nachgeahmt.) Die Schiffer sehen tief unter sich die Erde mit ihren Städten, Flüssen und Gebirgen. Von Hippogryphen, Männern, auf dreiköpfigen Geiern reitend, werden sie angehalten und vor den König Endymion geführt, der ihnen sagt, sie befänden sich auf dem Monde. Ariost schildert in seinem Epos „Der rasende Roland“ ein Tal auf dem Monde, wo wir nach unserm Tode die Ideen und Bilder aller Dinge, die uns auf Erden umgeben, wiederzufinden vermöchten. Cyrano von Bergerac, von dem wir schon sprachen, ein Pariser Schriftsteller (1619—1655), bemühte sich, ein Mittel für die Reise durch den Weltenraum zu erfinden und Sonne und Mond zu bevölkern. Er führte zum erstenmal systematisch die Technik in die Dichtung ein und ist so zum Vorläufer Jules Vernes und aller folgenden technischen Romanschriftsteller geworden. Bei Bergeracs Reise in den Mond werden die Grundsätze der Luftschiffahrt vorausgesetzt. Umgehängte Flaschen, in denen Tau eingeschlossen ist, heben ihn, aufgetrieben durch die Sonnenwärme, zum Himmel, während sich unter ihm die Erde wegdreht. Auf dem Monde findet er Enoch und Elias vor, die nicht weniger abenteuerlich hingelangt sind. Der eine auf einem eisernen Wagen, den immer wieder emporgeworfene Magnetklumpen anzogen, der andere mit rauchgefüllten Behältern. Aber auch das einzig diskutierbare Raketenrückstoßprinzip hat Bergerac schon für seine Reise ins All verwendet. Schon Newton hatte auf die Möglichkeit hingewiesen, im luftleeren, fast völlig widerstandslosen Weltraum mit raketenartigen Maschinen zu fahren.

Francis Godwin veröffentlichte 1638 einen Roman, betitelt „Der Mann im Monde“, worin er sich über die technischen Probleme weniger den Kopf zerbricht. Sein Held, Dominik Gonsales, läßt sich von 10 abgerichteten Gänsen in 12 Tagen zum Mond hinübertragen. Den gleichen Stoff bearbeitete nach dieser Quelle Grimmelshausen 1659 in seinem „Fliegenden Wandersmann“. Christian Huygens schrieb ein Buch über die Bewohnbarkeit anderer Welten, dessen Inhalt nach Humboldt im wesentlichen Phantasien eines großen Geistes über die Pflanzen- und Tierwelt auf anderen Sternen und die dort abgeänderte Gestalt des Menschengeschlechtes darstellt. Der gelehrte englische Bischof Wilkins diskutierte 1638 ernsthaft die Möglichkeit einer Reise nach dem Monde. Aus dem Jahre 1656 stammt die „Ekstatische Reise“ in den Himmelsraum aus der Feder des Jesuiten Athanasius Kircher (1602—1686). Von diesem Werk wurde 4 Jahre später von dem Schüler und Freunde Kirchers, dem Jesuiten Kaspar Schott, eine mit reichen Kommentaren und Quellenangaben versehene neue Ausgabe veranstaltet. Kircher gab seinem Buche die Form einer Reise durch den Weltenraum, durch den ihn im Traum ein himmlischer Führer Cosmiel geleitet. Aus den Zwiegesprächen mit diesem erfahren wir, wie sich allmählich die Rätsel der Sternenwelt lösen. Interessant für den Wechsel der Anschauungen im Verlaufe der Jahrhunderte sind die Schilderungen des Mars. Dieser Planet erschien den Beobachtern des 17. Jahrhunderts in den damals noch unvollkommenen Instrumenten wie „Feuer aus einem glühenden Ofen“, mit einem schwarzen veränderlichen Flecken in der Mitte der Scheibe. Diesen Flecken deutet Kirchner als einen riesenhaften Schlund von der Größe Afrikas, in dem zahllose Vulkane brennenden Schwefel ausstoßen. Der Mars, der Stern des Kriegsgottes, stand im 17. Jahrhundert wie schon seit alter Zeit astrologisch im schlechten Ruf. Er bringt Hitze, Trockenheit, Pest, Sturm und Feuersbrunst. Wegen dieser üblen Wirkungen glaubt der Jesuit ihn aus Schwefel, Arsenik und Auripigment zusammengesetzt; ein Beweis, wie eingewurzelte astrologische Vorstellungen fast unbewußt astrophysikalische Aufstellungen beeinflussen können. Der rote Planet zeigt sich dem Forscher als von ungeheuren Höhlungen durchsetzt. Durch seine Eingeweide ziehen sich riesige Kanäle — eine Art Kanaltheorie taucht also schon im 17. Jahrhundert auf —. In den inneren Höhlungen findet sich durch die Krater ausgeworfene, kochende Masse. Diese Vulkantheorie wurde merkwürdigerweise, wenn auch in abgeänderter Gestalt, in neuester Zeit durch den Marsforscher Baumann wieder erneuert. Das wichtigste hierher gehörende Werk aus dem 17. Jahrhundert ist aber das nachgelassene Werk von Kepler, „Somnium“, „Traum oder die Astronomie des Mondes“, das sich bei seinem Tode in Vorbereitung befand. Seine Fertigstellung übernahm Keplers Schwiegersohn Professor Bartsch, der jedoch noch vor seiner Vollendung an der Pest starb. Keplers Sohn Ludwig wollte für den Ruhm des Vaters in der Nachwelt sorgen, und so trugen die Erben die Kosten des Druckes[1]. Das Werk blieb jedoch fast unbekannt, bis es 1898 in der Zeit der damaligen Hochblüte der Marshypothesen und Raumschiffahrtsromane durch Ludwig Günther aus dem Lateinischen ins Deutsche übersetzt und herausgegeben wurde. Kepler knüpft, um ein Mittel zur Raumfahrt zu gewinnen, an den in seiner Zeit herrschenden Aberglauben an, der sich besonders mit den Sonnen- und Mondfinsternissen beschäftigte. Erreichte der Schatten des Mondes die Erde, so stürzten nach Keplers Darstellung die in den Finsternissen der Mondgebirge hausenden Dämonen zur Erde, indem sie den Riesenschatten des Mondes wie eine Brücke über den Weltenraum benutzten. Das alles ist jedoch von Kepler parodistisch gemeint. Kepler liest im Traume in einem auf einer Messe erworbenen alten Buch die Erzählung eines Mannes Duracoto aus Island, der mit seiner Mutter einen solchen Dämon aus Levania, d. i. aus dem Monde, beschwor. Der Geist gibt eine Schilderung einer Mondfahrt und der Zustände auf dem Monde. Kepler schildert in der Wiedergabe dieser Erzählung die physikalischen Erscheinungen und physiologischen Beschwerden, die eine Weltraumfahrt für den Menschen so drohend machen, und zeichnet das eigenartige Weltbild, das sich vom Monde aus dem Beobachter bieten muß, besonders den langen Tag und die lange Nacht mit ihren Hitze- und Kälteextremen, die Erscheinung der Erde am Mondhimmel, sehr anschaulich. Darüber hinaus malt er eine den dortigen Verhältnissen angepaßte seltsame Pflanzen- und Tierwelt im Monde aus. Diese Teile sind jedoch nicht als eine romanhafte Zutat gedacht, sondern wollen wissenschaftlich

[1]) Siehe auch F. Linke, Die Verwandtschaft der Welten S. 129 ff.

ernst genommen werden. Kepler gibt sich darin von den astronomischen Vorstellungen seiner Zeit über die Verhältnisse auf dem Erdbegleiter Rechenschaft.

Im 18. Jahrhundert finden wir bei Voltaire in „Epitre à Uranie“ eine himmlische Reise mittels Kometen. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts erschienen in mehreren Auflagen Bernhard de Fontenelles „Dialoge über die Mehrheit der Welten“, die von dem astronomischen Mitgliede der Berliner Akademie der Wissenschaften Johann Elert Bode herausgegeben wurden. Fontenelle nimmt den Mond und die meisten Wandelsterne als bewohnt an. Er vertritt die Ansicht, der Unterschied der Bewohner nehme mit dem wachsenden Abstande der Weltkörper von der Erde zu. Merkwürdigerweise hält er zwar Merkur und Venus für bewohnt, den Mars dagegen nicht. Der Planet sei klein und biete nichts Merkwürdiges. Später weiß er aber doch zu verraten, auf dem Mars gäbe es leuchtende Vögel, die dem Zweck dienten, die Marsnächte zu erhellen. Man wußte ja damals nichts von den Marsmonden! Hier also ein plattrationalistisches Zweckdenken, von kindlichem Utilitarismus beschwert. (Man lese, um sich von diesem Denken einen Begriff zu schaffen, einmal in Brockes nach. Neben viel Schönem wird man sehr ergötzliche Dinge finden!) Im übrigen spielt bei Schilderung unseres Erdmondes die Höhlentheorie bei Fontenelle, die im ausgehenden 19. Jahrhundert wieder zu Ehren kommen sollte, anläßlich der Erörterung der Bewohnbarkeit eine Rolle. Hier ist auch des kosmischen Denkens in unserer klassischen Dichtung Erwähnung zu tun. Wer kennt nicht das wunderbare Gedicht Schillers von der „Größe der Welt“ mit dem Schluß: „Rastlose Seglerin Phantasie, wirf ein mutloses Anker hie.“ Und die herrliche Stelle in Hölderlins Hyperion: „Und so wanderten wir, Diotima und ich, wie Schwalben von einem Frühling der Welt zum andern, durch der Sonne weites Gebiet und darüber hinaus an des Sirius' goldene Küsten, in die Geistertale des Arktur ...“? Kosmisches Denken und Fühlen findet sich auch in Klopstocks schönsten Oden und besonders in Jean Pauls ungemein plastischem und geradezu visionärem, neuste Entdeckungen unbewußt vorausnehmendem „Traum übers All“, der in Prosa abgefaßt ist. Die Beschäftigung mit unserem Thema setzte sich im 19. Jahrhundert fort. So schilderte Edgar Allan Poe eine Reise nach dem Monde, nach der ein gewisser Hans Pfaal aus Rotterdam in einem mit Stickstoffgas gefüllten Ballon in

19 Tagen zum Monde gelangte. In den vierziger Jahren ließ der Koblenzer Oberleutnant Greiffenberg eines seiner Dramen auf dem Monde spielen.

Die neueste Zeit beschäftigt sich in wachsendem Maße literarisch mit der Frage der Bewohntheit der Welten, besonders der Planeten und des Mondes, sowie mit dem Thema der Raumschiffahrt. Der Wiedererwecker und Vater dieser neuen Gruppe von Romanveröffentlichungen ist Jules Verne mit seinen Büchern „Von der Erde zum Monde" (1865) und „Reise um den Mond" (1870). Eine ganz besondere Beflügelung hat die Arbeit an dem dankbaren Stoffe durch zwei Momente erfahren. Die allgemeine und rapide Entwicklung der Technik ließ den Gedanken der Raumfahrt allmählich immer mehr diskutabel erscheinen und verstärkte zugleich die schon in der Renaissance aufgetretene humanitaristische Stimmung, die durch die Fortschritts- und Entwicklungsidee besondere Nahrung erhielt. Für die Schöpfung neuer Utopien im kosmischen Gewande waren so alle Vorbedingungen gegeben, zumal auch der in den alten Utopien der beginnenden Renaissance schon hervortretende Sozialismus inzwischen zu ungeahnter Bedeutung angewachsen war. Dazu kam aber noch ein besonderes Ereignis auf dem Gebiete astronomischer Forschung, das diese Wissenschaft, einst in Ägypten und Babylon, auch noch bei den Kelten die Wissenschaft der Priester und Könige, mit einem Schlage popularisierte: wir meinen die Entdeckung der sog. Marskanäle durch Schiaparelli. 1888 veröffentlichte der italienische Astronom seine Zeichnungen der Marsoberfläche, die eine Flut von Erörterungen und Spekulationen hervorriefen. Die Möglichkeit einer Bewohntheit des Mars und gewaltiger technischer Bauten dortselbst hatte mittelbar eine Stütze in der Kant-Laplaceschen Weltentstehungslehre. Nimmt man entsprechend der Abschleuderungstheorie an, Neptun sei der äußerste und älteste, Merkur der innerste und jüngste Abkömmling der Sonne, so mußte der außerhalb der Erdbahn kreisende Mars der irdischen Heimat um Jahrhunderttausende an Entwicklungsreife voraus sein. Dieser Gedanke spielt denn auch in den Marsromanen eine große Rolle. Schiaparelli entwickelte 1895 die Ansicht, die Schmelzwasser der Marsnordkappe würden durch ein großartiges System von Bewässerungskanälen über die Landgebiete des Mars geleitet. Der geringe Feuchtigkeitsvorrat des alternden Planeten sei von so entscheidender Bedeutung für alles Leben, daß die ganze Bewohnerschaft des Mars gleichsam unter kosmischem Zwange ihre gesamte Gesellschafts- und Arbeitsordnung auf die gemeinsame Errichtung und zweckmäßige Bedienung eines riesigen und verwickelten Bewässerungssystems nach sozialistisch-pazifistischen Grundsätzen eingestellt hätte.

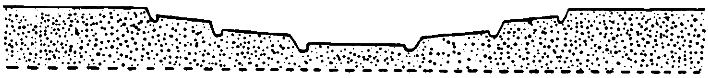


Abb. 18.
Wie Schiaparelli sich einen Marskanal dachte. Das Schmelzwasser soll zunächst die beiden äußersten Kanäle füllen usw.

Hier sieht man ganz deutlich, wie der emporwachsende Sozialismus [1]) in ganz fernabliegende Gedankensysteme anderer Wissenschaften eindringt und deren Aufstellungen beeinflußt. Die Entdeckungen und Arbeiten Schiaparellis regten andere Forscher an. Zwei von ihnen, Pickering und Lowell, haben einen Hauptteil ihres Lebens der Marsforschung gewidmet. Bei Lowell und seiner Schule hat die These von der Bewohntheit des Mars noch heute eine wissenschaftliche Heimat.

Durch Erörterungen, wie man technisch mit den Marsbewohnern in Verbindung treten könne — man dachte dabei an Riesenlichtspiegel und neuestens an die drahtlose Telegraphie [2]) —, wurde das Interesse an der Frage in weiten Kreisen immer wieder wach gehalten. Auch der Okkultismus bemächtigte sich des dankbaren Feldes, und die Erscheinungen von Marsintelligenzen in den spiritistischen Sitzungen häuften sich. Auf dem Wege spiritistischer „Offenbarungen“ wollte man sogar zur Kenntnis der Marssprache gelangt sein. Auch diese „Entdeckung“ hat Schule in den hier einschlägigen Romanen gemacht, indem die meisten Veröffentlichungen dieser Art Proben der Marssprache vorführen.

---

[1]) Er hatte eben erst in Bellamys „Rückblick aus dem Jahre 2000“ eine stilreine Utopie geliefert.

[2]) Schon Gauß wies den Gedanken nicht von der Hand, man könne sich mit den angeblichen Bewohnern des Mondes dadurch in Verkehr setzen, daß man auf einer größeren irdischen Ebene vermittelst Bodenkultur die Figur des pythagoreischen Lehrsatzes darstelle. Und zwar sollten durch breite Streifen hellgelber Kornfelder schwarze Waldvierecke eingerahmt werden. Nun vermutete man auch schon im Ernst, die Marsbewohner bemühten sich, uns ähnliche Zeichen zu geben.

Wir haben schon darauf hingewiesen, wie die Romanveröffentlichungen, die sich mit dem Problem der Weltraumfahrt und der Bewohntheit der Welten beschäftigen, einen starken utopischen Zug tragen. Die Utopien der Renaissance gehen auf das platonische Vorbild eines Idealstaates zurück und tragen alle einen stark sozialistischen Einschlag. Das gilt für Thomas Morus' Utopia, besonders stark für Campanellas Sonnenstaat, aber auch für Bacons Fragment der Nova Atlantis [1]), das noch einen weiteren höchst modern anmutenden Zug zeigt.

Es wird dort nämlich ein glückliches Inselvölkchen vorgeführt, das entsprechend der Grundidee der Baconschen Philosophie und dem Hauptantrieb des aufs Praktische gerichteten englischen Geistes (Wissen ist Macht) durch systematischen Betrieb des Forschens, Entdeckens und Erfindens die Beherrschung der Natur für die praktischen Interessen des Menschenlebens aufs höchste steigert. Da gibt es bereits (im 17. Jahrhundert!) die Erfindungen, von denen übrigens zum Teil schon Roger Bacon träumte: Miskroskop und Fernrohr, Mikrophon und Fernsprecher. Es gibt Sprengstoffe, Flugmaschinen, Luft- und Wasserkraftwerke, ungeahnte chemische Entdeckungen usw. Bacon hat ein ganzes Erfindungsprogramm in dieser Utopie aufgestellt, das in den folgenden Jahrzehnten und Jahrhunderten zum großen Teil verwirklicht werden sollte. Etwas ganz Ähnliches haben wir in den ohne starken technischen Einschlag gar nicht denkbaren Raumschiffromanen und Bewohnbarkeitsphantasien. Sie wachsen dadurch über den bloßen Abenteuerroman hinaus, daß sie die utopische Stimmung der Zeit, die an die Stelle der transzendenten Stimmung im Mittelalter getreten ist, einfangen und im Sinne der Aufklärungsphilosophie und des Humanitarismus mit Hilfe der Technik auf fernen Sternen ein Idealreich errichten, das im Grunde nichts anderes ist als der erstrebte irdische Zukunftszustand [2]). Es liegt damit zugleich

---

[1]) Ein Spätling dieser Gruppe ist die deutsche Utopie vom „Königreich Ophir" (1699).

[2]) Daneben gibt es auch eine seltsame Auffassung, die, vom Fortschritt absehend, dies Idealreich mehr im alten gläubigen Sinne als Eden, Paradies, Himmel sieht, bei Mader, Wunderwelten. Stuttgart. Hier ist der Planet des Idealreiches ein Himmelskörper im Gefolge des Toliman, also in der Fixsternwelt, und es gibt auch dort einen „Planeten des Grauens", des Unfriedens und steten Kampfes: die christlich-metaphysische Hölle in dantesker Manier in den Kosmos verlegt.

in diesen Romanen ein starkes ethisches Moment, ein Appell an die Kräfte des Menschengeistes zur Verwirklichung der größtmöglichen Wohlfahrt. Und es ist nicht der geringste Zweifel, daß in diesen Romanen neben viel Phantastik auch viel scharfes und schöpferisches Denken verarbeitet ist, aus dem nicht wenige Anregungen für die Praxis, besonders auf technischem, aber auch auf organisatorischem und selbst sittlichem Gebiete gewonnen wurden. Mit ahnungsvollem Spürvermögen sehen die Dichter dieser Utopien aus den Theorien der Zeit die Möglichkeiten kommender Erfindungen voraus. Einige von ihnen, wie z. B. Laßwitzens genialer Marsbahnhof, sind heute bereits in den Bereich ernsthafter Diskussion getreten. Einen Unterschied gibt es aber zwischen den alten und neuen Utopien. Jene alten Utopien sind noch nicht berührt vom entwicklungsgeschichtlichen Denken. Das ist aber bei den neuen einer der Hauptantriebe der Gestaltung. Die Aufgabe lockte, einen fortgeschrittenen Entwicklungszustand auf fremden Planeten, der immerhin schon in den heutigen irdischen Verhältnissen angelegt sein muß, zu schildern. Man will Entwicklungshoffnungen auf einen kosmischen Wohnplatz projizieren und dann der irdischen Entwicklung Antriebe und Anregungen geben, vielleicht auch Gefahren aufzeigen, die vom Weltenraum drohen könnten, und Mittel andeuten, um ihnen zu begegnen. Dies tun namentlich Laßwitz und Wells. Die Lamarckschen und Darwinschen Entwicklungslehren in biologischer, die sozialistischen Doktrinen in politischer und sozialer Hinsicht spielen dabei eine große Rolle. Der anziehende Gedanke lockt, die Entfaltung des Lebens von seiner untersten Stufe bis hinauf zur Krone der Schöpfung, zum Menschen, auf einem andern Sterne unter abgeänderten Bedingungen und mit möglichen Variationen zu schildern, gleichsam das Werk des Schöpfers nachzuschaffen, sich als Demiurg, wenn auch nur in der Einbildungskraft, zu fühlen. Hier kann der moderne Dichter fast ebensogut eine geniale, zugleich durch objektive Voraussetzungen gebundene Erfindungskraft bewähren wie Dante in seiner Himmelsreise. Der Phantasie des Florentiners waren im Mittelalter die Wege durch das kirchliche Dogma und die symbolische Ausdeutung der antiken Sagenwelt im Renaissancesinne gewiesen. Der moderne Dichter ist bestimmt durch gesicherte Teilerkenntnisse naturwissenschaftlicher Art, die ihn um so mehr leiten müssen, als die Gefahr absurder Willkür hier naturgemäß besonders nahe liegt. Was aber solche Dichter am wenigsten entbehren können, das ist streng logisches Denken, Kombinationskraft und richtiges Folgern, dem geniale Intuition zu Hilfe zu kommen vermag.

Gewisse neue Wissenschaftszweige oder wissenschaftliche Einzelentdeckungen berechtigten übrigens diese Dichter, das Leben auf anderen Planeten vorauszusetzen und im gleichen oder ähnlichen Ablauf zu denken. (Vgl. Kapitel „Belebte Welten“.)

Sehr aufschlußreich ist das planetarische Reiseziel, das sich die einzelnen Romanschriftsteller wählen. Daß der Mond als erster Landungsplatz einer Raumfahrt gedacht wird, beruht auf seiner verhältnismäßigen kosmischen Nähe und demgemäß Bekanntheit. Jules Verne stützt sich bei seiner Mondfahrt auf die wissenschaftlichen Lehren seiner Zeit, die noch die Möglichkeit von vulkanischen Ausbrüchen auf dem Erdbegleiter offen ließen, ja für die uns abgekehrte unerforschte Mondhälfte die Denkbarkeit einer Lufthülle, von Wasser- und Wolkenbildungen, ja von Pflanzenwuchs, besonders Wäldern in Rechnung stellten. (Diese Lehren wurzeln übrigens in der Theorie des Astronomen P. A. Hansen [1795—1874], der zur Überzeugung kam, der Mond weiche erheblich von der Kugelgestalt ab, bei ihm fielen Mittel- und Schwerpunkt nicht zusammen, der letztere sei vielmehr nach der der Erde zugekehrten Seite um 59 km vom Mittelpunkt verschoben. Die Massen müssen nach der der Erde zugekehrten Seite also etwas angehäuft sein. Wasser und Luft müssen nach Hansen von der Vorderseite des Mondes nach der Rückseite abgeflossen sein, hätten sich dort angesammelt und die Bedingungen für organisches Leben geschaffen.) Nach dem Bürgerkriege, erzählt Jules Verne, hatte sich in Amerika ein Klub ehemaliger, jetzt beschäftigungsloser Artilleristen gebildet, die auf den Gedanken kamen, ein Geschoß auf den Mond zu senden. Nach Durchführung der nötigen Berechnungsgrundlagen, die allerdings, vom heutigen Standpunkt des Wissens und der Erfahrung gesehen, mehr mathematische Spielereien, als technische Konstruktionsmöglichkeiten darstellen, nach Aufbringung ferner der Mittel, an der sich fast die ganze Welt beteiligte, bohrte man ein Riesenkanonenrohr in den Südstaaten von Amerika in die Erde, aus dem das bemannte Aluminiumhohlgeschoß abgefeuert wurde. Gegen den Rückstoß half sich Jules Verne mit der Einführung von einer Art Wasserpuffern, die natürlich in Wirklichkeit ganz unzulänglich wären. Valier und andere haben berechnet, daß die Vernesche Hohlgranate wahrscheinlich schon im Abschußrohr durch den Druck der Pulvergase von unten wie durch die Pressung der wie ein Panzer wirkenden Luft von oben mit samt den Insassen wie eine Seifenblase zerdrückt worden wäre. Jules Verne jedoch läßt seine Weltraumgranate über die Anziehungsgrenze der Erde hinausfliegen. Durch ein Meteor wird sie aus ihrer Bahn abgelenkt und, statt auf den Mond zu fallen, in einer Ellipse um das Nachtgestirn herumgerissen. Die Erfindung der Meteorbegegnung hat in den meisten folgenden Raumschiffahrtsromanen Schule gemacht. Die Ablenkung von der Bahn ist ein Glück für die Mondreisenden. Bei der Eigenart des Verneschen Beförderungsmittels hätte es nämlich für die Weltraumreisenden Jules Vernes nach einer glücklichen Landung auf dem Mondboden keine Rückkehr mehr gegeben. Und ob sie überhaupt ganz auf dem Mondboden angekommen wären, das ist bei einem so gewaltsamen Absturz, gegen den der Abschuß der paar von den Mondreisenden mitgenommenen Raketen auch nichts geholfen hätte, mehr als zweifelhaft. Ihre Rückkehr verdanken die Mondreisenden Jules Vernes also einem literarisch freilich wohlberechneten Zufall. Daß Jules Verne übrigens die Landung auf dem Mondboden vermied, war ihm auch noch in anderer Hinsicht vorteilhaft. Er wollte wissenschaftlich bleiben und durfte daher nur Hypothesen über das von den Raumschiffern Beobachtete aussprechen lassen. Ein Niederfallen der Granate auf den Mond hätte ihren Insassen ja authentischen Einblick in die Wunder der Mondwelt gewährt, über deren Deutung sich die namhaftesten Astronomen bekanntlich heute noch nicht einig sind, obwohl inzwischen die Instrumente eine weitere bedeutende Vervollkommnung erfahren haben. So braucht Jules Verne nichts anderes zu tun, als seine Mondfahrer die Hypothesen über die Beschaffenheit des Erdtrabanten aus alter und neuer Zeit während der Umfahrung des Gestirnes erörtern zu lassen, wodurch unbeabsichtigt für den damaligen Gebrauch der Schulen und der Volksbildung eine recht anschauliche Einführung in gewisse wünschenswerte astronomische Kenntnisse erzielt wurde. Heute ist doch manches überholt. Wells in England ließ seinen Mondroman „The first men in the moon“ (deutsch bei C. C. Bruns, Minden in Westfalen) 1900—1901 erscheinen. In mancher Hinsicht war für ihn Vorbild das schon oben erwähnte im Jahre 1898 von Günther herausgegebene „Somnium“ von Kepler, auf das er im Roman selber sich bezieht.

Bei Kepler findet sich die Unterscheidung der Mondbewohner in Subvolvani und Privolvani. Kepler meint mit den letzteren die Bewohner der Mondhälfte, welche die Erde am Himmel stehen hat. Mit den Subvolvani sind die Bewohner der abgekehrten Hälfte gemeint (Volva — Erde am Mondhimmel). Dies ist von Wells anscheinend dahin falsch interpretiert worden, daß er statt Subvolvani, das ihm vielleicht mißverständlich war, Subvolkani las. Danach seien die Bewohner des Erdbegleiters die unter den Mondvulkanen Wohnenden. Aus diesem Irrtum ist übrigens eine der genialsten und phantasievollsten Schöpfungen hervorgewachsen. Wells nimmt den Mond als porös und von gewaltigen Höhlungen durchsetzt an. Schon Kepler und Fontenelle hatten die gleiche Ansicht. In der Tat bietet ja auch der Mond im Fernrohr einen sehr „durchlöcherten" Anblick. Vielfach hört man von Laien auf Volkssternwarten, die den Mond zum erstenmal durch ein größeres Fernrohr sehen, äußern, der Mond sehe aus wie ein Schwamm. Die Höhlenhypothese spielt übrigens auch bei den Marsbewohnbarkeitsphantasien, wie wir später noch hören werden, eine Rolle. Sie ermöglicht eben, auch unter gewissen Voraussetzungen auf mehr oder weniger luft- oder wasserlosen Weltkörpern noch Leben anzunehmen. So rauscht auch bei Wells im Mondzentrum ein gewaltiges Binnenmeer. Das Innere des Mondes ist mit Luft vollgesogen und enthält die Wohnanlagen der Mondgeschöpfe, die sich nur vereinzelt am Mondtage auf die Oberfläche ihrer Welt wagen. Die beiden Raumschiffer, die bei Wells die Fahrt nach dem Mond antreten, sind Engländer, ein gelehrter Erfinder und ein Journalist. Mit einem gewissen Pathos ist der Augenblick empfunden, in dem die Weltraumfahrer zum erstenmal die mütterliche Welt, die seit Adams Tagen „unten", zu Füßen des Menschengeschlechtes gewesen war, nun als Stern im unendlichen Universum schweben sehen. Sie sind losgelöst von der Heimat nicht im irdischen, sondern in viel radikalerem, kosmischem Sinne, und das Gefühl ihrer Verlassenheit übersteigt alle auf der Erde gewohnten Grenzen und Maße. Dieser Moment ist übrigens bei allen in Betracht kommenden Schriftstellern in seiner Bedeutsamkeit für das psychologische Leben, für das Bewußtsein des Menschen in mehr oder minderem Grade erfaßt und mit größerer oder geringerer Gewalt dargestellt. Es handelt sich ja dabei tatsächlich um ein Erlebnis, das alle anderen Erlebnisse außer dem Tod an Wucht und Größe übertrifft, da es gleichbedeutend mit der Herausnahme des Menschen aus all seinen Bedingungen natürlicher und kosmischer Art, mit einer Heraushebung aus seinem Kraftzentrum ist. Faktisch wäre eben die Frage, ob der Mensch dies Erlebnis überhaupt vertrüge, ob es nicht gleichbedeutend mit dem Tode für ihn wäre. Die moderne wissenschaftlich fundierte Astrologie weist darauf hin, daß z. B. der Mond einen nachweisbaren starken Einfluß nicht nur auf Ebbe und Flut, sondern auch auf den Menschen, z. B. die Menstruationsperiode des Weibes ausübt. Wie nun, wenn der Mensch, an diese kosmischen Einflüsse seit Jahrzehntausenden gewöhnt und angepaßt, plötzlich ihrem Spiel und ihrer Gesetzmäßigkeit entrissen und in ganz andere Kraftzentren riesigen Ausmaßes versetzt würde? Auch Borchardt betont bei einer Betrachtung der Raumfahrtspläne die Einstellung unseres gesamten Organismus auf die Schwere der Erde. — Kehren wir zu Wells Mondfahrern zurück. Die Landung der beiden gestaltet sich dramatisch, sie berühren an einem Berghang den Mondboden, und ihre Wohn- und Fahrkugel rollt einen Hang hinab in die Tiefe eines Mondkraters, umspritzt von einer weißlichen Masse, die sie zuerst für Schnee ansehen. Endlich zur Ruhe gekommen, erleben sie die Großartigkeit eines Mondmorgens Wellsscher Phantasie [1]). Was sie für Schnee gehalten, ist in Wirklichkeit gefrorene Luft, die sich unter der Einwirkung der steigenden Sonne in Dünste auflöst, den Himmel mit bläulichem Schimmer überzieht und also auch Atem- und Lebensmöglichkeiten schafft. Zu ihrem großen Erstaunen entdecken die Mondfahrer eine an die Verhältnisse der Mondwelt merkwürdig angepaßte Vegetation, die vor ihren Augen sichtbar emporschießt, wie man das Wachsen der Pflanzen etwa in neueren naturwissenschaftlichen Lehrfilmen sehen kann. Das Betreten des Mondbodens macht die kosmischen Abenteurer mit einer neuen Erfahrung bekannt. Die auf dem Monde gänzlich veränderten Schwereverhältnisse geben ihnen eine gewaltige Körperkraft, sie sind imstande, mit derselben Kraftanstrengung wie auf Erden viel größere Strecken zurückzulegen, ein Schritt wird zum Sprung, mit Leichtigkeit schweben sie durch die Luft dahin, sie sind im gewissen Sinne imstande zu fliegen, ohne daß sie beim Niedersetzen auf den Boden

---

[1]) Einen der Wirklichkeit wahrscheinlich bedeutend näher kommenden Mondmorgen von nicht minderer Gewalt und Eindrücklichkeit hat Julius Schmidt geschildert (siehe Borchardt, „Der Mond“, Ulstein, S. 120 ff.).

hart aufschlügen und sich verletzten. Im Gegenteil, die geringe Schwere des Mondes verringert nach strengen Naturgesetzen auch die Fallgeschwindigkeit auf dem Trabanten. Dies reizvolle Motiv hat sich natürlich keiner der übrigen Mond- und Marsromanschriftsteller entgehen lassen. Die Marsschriftsteller, namentlich Laßwitz, bauen es insofern noch weiter aus, als sie wegen der geringen Schwere des Mars auch viel größere Bauten auf ihm möglich und errichtet sein lassen. Die Mondfahrer von Wells verirren sich übrigens im Mond, gelangen in das Innere des Trabanten, in dem die Mondbewohner in riesigen Höhlenstädten hausen; diese sind durch gewaltige Schächte und Schluchten miteinander verbunden, die gleichzeitig als eine Art großartiger Ventilatoren wirken. Fluoreszierende Flüssigkeiten, die diese Welt in Rinnsalen durchziehen, spenden kaltes magisch-blaues Licht. Ganz ähnliche Vorstellungen haben sich übrigens einige Naturphilosophen und Marsmenschenfreunde später vom Leben auf dem Mars gemacht, als sich herausstellte, die Marsoberfläsche könne unmöglich mehr die Bedingungen für ein Leben gleich dem irdischen bieten. Man verbannte die Marsbewohner in das Innere ihres Weltkörpers und ließ sie mit Hilfe einer weit über den irdischen Stand hinaus entwickelten, namentlich die chemischen Erkenntnisse verwertenden Technik ein künstliches, gleichsam galvanisiertes Leben führen.

Die Wellsschen Mondfahrer werden von den Mondbewohnern gefangen. Diese sind eine eigenartige Erfindung des Dichters. Sie sind nicht wie auf der Erde nach den Auffassungen der Entwicklungstheoretiker aus dem Säugetierstamme, sondern aus der Gattung der Insekten hervorgegangen. Ihr staatliches und soziales Leben ist dem Ameisenstaat nachgebildet und durch übermäßige Typisierung, Normalisierung und Spezialisierung der einzelnen Berufsstände gekennzeichnet. Das, was bei uns die Technik zuwege bringt, hat bei den Mondwesen die Erziehung und Anpassung der einzelnen Intelligenzen selbst erreicht: jeden ganz und gar auch hinsichtlich seiner körperlichen Ausstattung und Entwicklung zu dem abzurichten, wozu man ihn staatlicherseits braucht. Darum werden zum Beispiel Arbeiter auf dem Monde in ihrer freien Zeit einfach in Schlaf versenkt, damit kein Kräfteverlust für sie eintrete und sie der Öffentlichkeit und besonders den Herrschenden nicht mehr als notwendig zur Last fallen. Ein, man muß sagen, noch viel weiter fortgeschritteneres

Seitenstück zum amerikanischen Prohibitionismus. Diese Auffassung gibt natürlich Wells die Möglichkeit zu außerordentlich feiner weltanschaulicher Satire irdischer Zustände und Strebungen im Sinne etwa von Gullivers Reisen. Besonders köstlich wirkt er, wenn er die Mondgelehrten als Wesen mit riesigen, ballonartigen Köpfen schildert, deren übrige Gliedmaßen als zum Lebens- und Berufszweck untauglich, vollständig degeneriert sind. Vorbild war Wells hier, wie gesagt, das soziale Leben und die körperliche Organisation gewisser irdischer Tiere, besonders der Ameisen. Das Ameisenmotiv findet sich übrigens auch in dem später zu erwähnenden Venusroman von Ludwig Anton, „Brücken über den Weltenraum“, dort weniger symbolkräftig und auch ohne jede Ironie verwendet, dafür aber naturwissenschaftlich und besonders entwicklungsgeschichtlich besser begründet. Von den Wellsschen Mondfahrern kehrt übrigens nur einer zur Erde zurück. Der andere bleibt in der Gefangenschaft der Mondbewohner, ein elegischer Ausgang.

Camille Flammarion läßt in seiner astronomischen Erzählung „Komet und Erde“ (bei Reclam) den Kometen den Auszug der Seleniten von der der Erde zugekehrten Seite beobachten. Dorthin nämlich waren seit seinem letzten Vorübergang an dem Doppelgestirn Erde und Mond sämtliche flüssige Massen und Gase des Trabanten abgewandert.

Ein höchst abenteuerlicher, mehr volkstümlicher Mondfahrtroman, der auf wissenschaftliche Grundlagen nicht allzu viele Ansprüche macht, ist „Von der Terra zur Luna, McMilfords Reisen im Universum“ von Oskar Hoffmann. Hoffmann sieht die Seleniten für eine degenerierte Menschenrasse an, die auf ihrer verödeten Welt nur kümmerlich ihr Dasein fristet. Auf der Fahrt nach dem Monde wird auch der zweite hypothetische Erdmond angefahren, auf dem es etwas wohnlicher aussieht, etwa wie auf der Erde in der Karbonzeit. Hoffmann, der übrigens nur die älteren Aufstellungen über die Erdalter und ihre Charakteristika zu kennen scheint, hält sich zudem nicht an die wissenschaftlichen Ergebnisse, sondern kombiniert aus der Tier- und Pflanzenwelt verschiedener Erdperioden ein phantastisches Bild urweltlicher Zustände auf einem kleinen Gestirn. Die Schilderungen kriegerischer Verwicklungen auf dem Monde, in welche die von der Erde gekommenen Helden des Buches eingreifen, sind ziemlich absurd. Der Mond wird zuletzt englisches Besitztum, womit die allernüchternste und praktischste Nation (nach den Amerikanern) den Traum der „Schlösser im Monde“ verwirklicht hat. Aber der Imperialismus der Vorkriegszeit, dem dies Werk angehört, namentlich der angelsächsische, konnte wohl zu keinen andern Ergebnissen und äußersten Konsequenzen kommen, als den Mond zu erobern ...

Auch die Weltraumfahrer der „Sannah“ in Maders „Wunderwelten“ fliegen am Monde vorbei und finden auf der abgekehrten Seite gleich Jules Verne eine Atmosphäre, Wälder von Riesenfarnen und Nadelbäumen, Seen, Wasserfälle und Bäche, auch Sümpfe. In der großen Ebene des Mare imbrium beobachten sie einen vulkanischen Vorgang; auch Jules Vernes Mondreisende durften bekanntlich einen solchen sehen.

Eine weitere Mondfahrt behandelt H. Bürgel, der bekannte Popularastronom, der es vom Arbeiter zum Astronomen gebracht hat, in seinem geistvoll und warmherzig geschriebenen Buche „Der Stern von Afrika, eine Reise ins Weltall“ (Verlag Ullstein & Co, Berlin 1920). Das Motiv zu dieser Reise geht aus einer kosmischen Not hervor, in die sich die irdische Menschheit versetzt sieht. Nach Bürgels Annahme war unsere Erde in eine kosmische Staubwolke, gleich dem ultravioletten Amerikanebel geraten, wodurch auf lange Jahrtausende hinaus die Sonnenstrahlung wesentlich verdunkelt und abgeschwächt wurde. Die Folgen waren für die Erde furchtbar. Eine Eiszeit brach über weite Teile bisher hochkultivierter Breiten des Planeten herein. Bürgel verwertet hier, nebenbei gesagt, eine geistreiche in kosmischen Verhältnissen wurzelnde Eiszeithypothese[1]). Die Tropen glichen nun den heute gemäßigten Zonen und wurden zum Zufluchtsort der bedrohten Kultur, die übrigens technisch schon eine bemerkenswerte Höhe erreicht hatte. Nun kam ein süddeutscher Gelehrter auf den Gedanken, eine Forscherfahrt nach dem Monde auszurüsten, um sich dort Rat zu holen. Er nahm nämlich an, die ehemaligen Mondbewohner hätten in einer Zeit, wo das gleiche Schicksal der Vereisung ihren Weltkörper bedrohte, Mittel gefunden, demselben auf lange Zeit hinaus zu entgehen. Diese Begründung ist etwas wunderlich und ein schwacher Punkt des Buches; denn wenn der Mond aus kosmischen Gründen vereiste, so traten für die

[1]) Der ursprüngliche wissenschaftliche Vater dieser Eiszeittheorie ist Nölke.

Erde wegen ihrer großen Nähe zum Monde in jenem Stadium automatisch die gleichen Zustände ein, sie hatte also schon einmal eine Eiszeit und konnte sich also auch damals helfen, sonst wären ja die Menschen, als Zeitgenossen des genialen süddeutschen Gelehrten, nicht mehr am Leben. Vereiste er aber aus lokalen Gründen, so konnten die dortigen eventuellen Gegenmaßnahmen nicht unbedingt für die Erde vorbildlich sein. Doch Bürgel hat es sich in den Kopf gesetzt, die Mittel und Wege, der Eiszeit auf Erden zu steuern, auf dem Monde zu suchen. Sehr fein legt er in einer Szene, in der an einem riesigen neuartig konstruierten Fernrohr die Mondlandschaften betrachtet und durchforscht werden, nahe, daß einige, an geometrische Konstruktionen, an künstliche Anlagen erinnernde Stein- oder Ruinenhaufen auf dem Monde eine frühere Bewohntheit denkbar machen könnten. Das alles nebenher und unaufdringlich. Die Expedition Bürgels ist übrigens ebensowenig ans Ziel gelangt als die von Jules Verne. Bürgel läßt vermuten, daß das Experiment an körperlichen Beschwerden der Reisenden im Weltenraum scheiterte und daß die Fluggranate wieder auf die Erde zurückgestürzt ist.

In neuester Zeit, im Jahre 1925, ist als Buch im Bergstadtverlag, Breslau, der Roman von O. W. Gail, „Der Schuß ins All“, erschienen, der die Umfahrung des Mondes schildert. Sein Hauptakzent liegt auf dem Technischen. Der Konstruktion des Raumschiffs ist der Hauptteil der spannenden Schilderungen gewidmet. Was die Umfahrung des Erdtrabanten selber anlangt, so sind die Schilderungen, wenn auch zuweilen wuchtig, doch im allgemeinen kurz und typisierend gehalten, im Gegensatz zu der sehr eingehenden und spezialisierten Schilderung von Jules Verne. Gail hat in diesem Werke noch nicht die Anschauungen der Welteislehre über die Beschaffenheit der Mondoberfläche, die ihm in seinem späteren kosmischen Romane richtunggebend waren, verwertet. Die Rinde des Gestirns besteht hier noch aus dem althergebrachten vulkanischen Gesteinsmaterial, und die Mondflächen gleichen also ungeheuren Steinwüsten.

Der eigentliche Himmelskörper aber, der für die Himmelsreise zwischen 1890 und 1928 in Betracht kommt, ist der Mars. Seine Bewohner sind auch in der Intelligenz, in der moralischen Entwicklung, vor allem aber in der Technik und ihrer Anwendung auf alle Zweige des gesellschaftlichen Lebens der irdischen Menschheit weit überlegen. So wird der Mars und seine Menschheit im Vergleich zur Erde meist im Verhältnis Reife zur Jugend, Geist zu Kraft gesehen, besonders bei Laßwitz, „Auf zwei Planeten“ (1897), und bei Tolstoi, „Aëlitha“ (nach 1920). Allerneuestens auch, wenigstens andeutungsweise, in dem preisgekrönten Werke der Deutschen Buchgemeinschaft, Berlin, „Abenteuer im Sommer“ von Juliane Kay. Der Laßwitzsche Roman steht auch zeitlich so ziemlich am Anfang, der Tolstoische am Schluß der Marsromane, die in systematischer Weise und gleichsam im Schutze der Wissenschaft die Bewohnbarkeitshypothese verwerten. Zwar ist auch in dem Venusroman „Brücken über den Weltenraum“ von einer Marsfahrt mit dem neuerfundenen Raumschiff die Rede; diese ist aber nur ganz kurz skizziert, und der Mars ist als unbewohnt geschildert. In dem technischen Zukunftsroman von K. A. von Laffert „Flammen aus dem Weltenraum“ (Kyffhäuserverlag) erfolgt eine dreimalige Marsumfahrung im Gefolge des Marsmondes Phobos. Es wird dabei angedeutet, der Mars besitze einige große grünlich und rötlich schimmernde Kontinente, nebst einigen Seen und Kanälen.

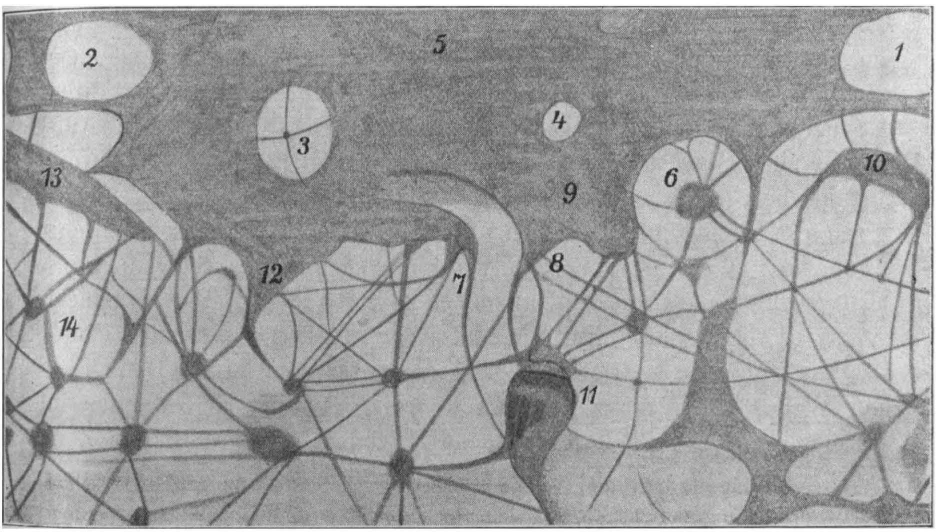


Abb. 19.

Karte des Mars nach Flammarion und Antoniadi.

1 Thyle I, 2 Thyle II, 3 Hellas, 4 Argyre, 5 Mare australe, 6 Lacus solis (Sonnensee), 7 Sinus Sabacus, 8 Margaritifer Sinus, 9 Mare Erythraeum, 10 Mare Sirenum, 11 Mare Acidalium, 12 Große Syrbe, 13 Mare Cimmerium, 14 Elysium.

Eine neue Verwertung der Bewohnbarkeitshypothese dürfte jedoch nach der entscheidenden Wandlung der wissenschaftlichen Ansicht in überwiegenden Kreisen, die jetzt den roten Nachbarplaneten als eine tote Mineralstaubwüste bzw. als eine Riesensalzsteppe (Arrhenius) oder gar als einen uferlosen Eisozean (Hörbiger) ansehen, kaum mehr zu erwarten sein.

Zwischen dem ersten klassischen Marsroman von Laßwitz und dem hochpoetischen romantischen Tolstoiroman (übrigens dem großartigsten Liebesroman der letzten Jahrzehnte, der das Liebeserlebnis ins Kosmische erhebt) liegen aber bemerkenswerte Wandlungen. Während Laßwitz den Mars und seine Menschheit als in der Fülle ihrer Kraft stehend betrachtet, die Marsbewohner der Logik der ganzen Annahme zufolge zuerst zur Erde kommen läßt, die Marsmenschen als Übermenschen auch in moralischer Hinsicht zeichnet, sieht Tolstoi den Planeten als einen sterbenden an, dessen Generationen vor dem Ende stehen [1]). Das Auftreten der Marshypothesen nach 1880 mußte auch den Gedanken in die Masse tragen, es sei möglich, daß die eingebildeten Marsbewohner demnächst nach der Erde kämen. Dieser Gedanke taucht fast zu gleicher Zeit in zwei europäischen Gehirnen auf, bei dem Deutschen Laßwitz und dem Engländer Wells. Juliane Kay schildert in ihrem oben erwähnten Romane „Abenteuer im Sommer“ gleichfalls das unerwartete Auftreten eines Sternen-(Mars)bewohners auf Erden, behandelt aber die technischen, astronomischen und kulturphilosophischen Seiten des Ereignisses ganz nebensächlich. Sie sieht nur persönlich-menschliche Probleme. Während der Deutsche Laßwitz seine Marsbewohner als Kulturbringer auf die Erde kommen läßt, ist bei Wells in seinem "War of the worlds" (In England 1898: in der deutschen Übersetzung von Hofrat Dr. Crüwell, Wien, unter dem Titel „Der Krieg der Welten“ bei Moritz Perles 1901) die Landung der Martier in England ein Einfall kalt rechnender, von einer furchtbaren Zer-

[1]) Allerdings waren die Weltraumfahrer in Maders „Wunderwelten“ schon vor dem Kriege gerade noch recht gekommen, den letzten Marsmenschen zu sehen, ehe eine Marskatastrophe wenigstens der intelligenten Welt des Mars den Untergang brachte. Aber das Buch Maders, das auf allen Planeten verschiedene Naturgesetzlichkeiten annimmt, auch den Saturn, gleich Flammarion in „Komet und Erde“, von Pflanzen und Tieren belebt sein läßt, ist wissenschaftlich nicht recht ernst zu nehmen. Seine Bedeutung liegt auf dem Gebiet schöner poetischer Empfindung.

störungswut besessener Verstandeswesen, die die Menschen als eine Art Ratten betrachten und jeden Annäherungsversuch mit dem Wüten schrecklicher Mordmaschinen beantworten. Hier hat Wells in geistvoller kosmischer Übertragung gleichsam das auf der Erde häufige Schicksal sogenannter unzivilisierter Naturstämme beim Einfall eines mit überlegenen Waffen ausgestatteten sogenannten Kulturvolkes vom Standpunkt des Hilflosen aus gezeichnet. Er hat aber andererseits auch zeigen wollen, in welche Gefahren selbst ein hochzivilisiertes Volk durch Eingreifen übermächtiger kosmischer Gewalten geraten könne, und wie es sich dabei zu verhalten habe. Die Idee der Landung der Marsbewohner auf der Erde kann nach der Kant-Laplaceschen Weltentstehungslehre ihrerseits wieder als allweltlich begründet aufgefaßt werden. Altert der Mars, so könnten die dortigen Bewohner mit ihrer hochentwickelten Technik auch zur Binnenwanderung im Sonnensystem gezwungen werden, indem sie auf einen sonnennäheren, jüngeren, wärmeren und wasserreicheren Planeten, die Erde, übersiedeln. Tatsächlich ist diese Idee auch von dem Berliner Techniker und Popular-Astronomen Gramatzki ausgesponnen worden. Hierher gehört auch die seltsame von einem gewissen Dr. Schierholz aufgestellte Theorie, das Paradies habe sich nicht auf der Erdkugel, sondern auf einem andern Weltkörper befunden, von dem aus wir auf die irdische Welt „verbannt“ wurden („Die Sage vom Paradiese“, Hinstorffsche Verlagsbuchhandlung, Wismar). Was die Schilderung der Tier- und Pflanzenwelt auf dem Mars anlangt, so sind die Elemente dazu meist bizarren exotischen oder fabelhaften Formen auf der Erde entnommen. Auch die Palaeontologie hat viele Elemente beigesteuert. Die planetarische Tierwelt ist in der Schilderung in den meisten Romanen zu kurz gekommen, was einen guten Grund hat. Die Logik einer von der Technik beherrschten Entwicklung drängt wie auf der Erde zur Vernichtung alles Organischen, soweit es nicht dem unmittelbarem Zwecke und dem Bedürfnis der Menschen nutzbar gemacht werden kann, besonders also auch der freilebenden Tiere. Die Schilderung der Marsmenschen selbst ist bei den einzelnen Schriftstellern sehr verschieden. Bei Laßwitz sind sie in der körperlichen Bildung uns irdischen Menschen völlig gleich, unterscheiden sich nur durch ihre großen leuchtenden Augen, aus denen ihre sittliche Überlegenheit bezwingend blickt. Abschreckend und anders organisiert sind sie bei Wells geschildert. Sie verständigen sich untereinander bei Wells durch Gedankenübertragung. Maders Marsmensch kann seine Augen tief in die Höhlen zurückziehen und wieder stielartig hervortreten lassen, je nachdem er den Blick auf nähere oder weitere Gegenstände richtet. Er hat „Teleskopaugen". Des Franzosen Galopins Marsmenschen sind unbekleidete, durchscheinende Gnomen von großer körperlicher Gebrechlichkeit, wie sie letztere auch den Mondintelligenzen von Wells eignet und als indirekte Folge der geringen Anziehungskraft der betreffenden Himmelskörper erscheint. Sittliche Eigenschaften sprechen ihnen vor allen Laßwitz und Wells zu. Bei Laßwitz stehen sie sittlich höher als die Menschen, insofern sie die Freiheit der moralischen Persönlichkeit strenger achten und ihre Handlungen durchweg mit ihrem Gewissen in Einklang bringen. Die Marsmenschen von Laßwitz sind vollendete Kantianer, und der Mars mit seinen Übermenschen ist eine Art Himmel für das ausgehende 19. Jahrhundert. Wells spricht ihnen absolute Kaltblütigkeit in der Durchsetzung ihrer Ziele zu; sie gleichen bei ihm einer gewissen typischen Gattung führender Engländer der imperialistischen Zeit. Im übrigen ist der Laßwitzsche Roman durchaus von rationalistischem Aufklärungsoptimismus beherrscht. „Lassen Sie uns den Irrtum verringern, und wir werden die Menschen bessern" ist die Maxime der Laßwitzschen Marsbewohner, die die Erde mit ihrer Kultur beglücken wollen.

Sehr interessant ist, daß bei Schilderung der Marsverhältnisse die Religion der dortigen Intelligenzen mit einer einzigen Ausnahme keine Rolle spielt. Entweder betrachten die aufgeklärten Schriftsteller das „Zeitalter der Religion" als eine tiefere Entwicklungsstufe (so Wells und Laßwitz), die von einer Epoche reiner Verständigkeit und weltoptimistischer Sittlichkeit für immer überwunden scheint, oder sie denken überhaupt nicht an Religion [1]). Welch ein

[1]) Mit einer gesunden Auffassung von Religion als organisierender Kultur- und Lebensmacht haben die Schilderungen Dr. Albert Daibers in seinen mehr für die Jugend bestimmten Büchern „Die Weltensegler" und „Vom Mars zur Erde" wohl weniger zu tun. Bei Daiber entdeckt ein Mensch ein Gas, „leichter als H." Damit wird ein Luftschiff gefüllt, das in der Erdatmosphäre einen Anlauf nimmt, der genügt, es bis zum Mars zu schleudern. Die Reise dauert ein Vierteljahr, die Weltensegler sind „7 Tübinger Professoren von 7 Fakultäten". Auf dem Mars treffen sie ein halb kantisches, halb kommunistisches (Frei Land, Frei Geld usw. — nur der Verstand ist nicht kommunalisiert!) Paradies. Gestalten in weißer

Gegensatz in dieser Hinsicht zu Dante! In der Tat liegt hier ein nachdenklicher Punkt dieser Raumfahrtromane und ihres weltanschaulichen Unterbaus. Eine Anerkennung der eigenartigen religiösen Stellung des Christentums (nicht bloß seiner ethischen Bedeutung) würde zu Gedankenreihen führen, die ihrerseits vielleicht die ganze Bewohnbarkeitsgrundlage, soweit sie apriorischem Denken entspringt (gesehen hat man ja noch keinen Marsbewohner), ins Wanken bringen könnte. Denn bei religiöser Vertiefung des Problems würde doch sofort die einzigartige Stellung des Menschen und seines Erlösers Christi in Frage stehen. Ob dann Marsbewohner anders als im rein utopischen Sinne, als eine Art Menschengötter, möglich wären, ist fraglich. Da, wo doch die religiöse Frage angeschnitten wird, wie bei Tolstoi in „Aëlitha", zeigt sich dies Dilemma deutlich. Tolstoi schildert mit erschütternder Symbolkraft für die russischen Zustände das Auftreten eines Erlöser-Hirten auf dem Mars, der den vom Einfall der irdischen Atlantier furchtbar mitgenommenen Marsvölkerschaften Reinigung und den Frieden predigt. Also ein zweiter Christus. Das heißt aber, Neues und Höheres ist auf diesem Gebiete bis jetzt nicht denkbar. So entstünde die philosophische Folgerung von der Einzigartigkeit des Menschengeschlechtes aus den gedanklich am besten fundierten Raumschiffromanen selber, wobei wir Ley (u. a. auch in seinem geistreichen Büchlein: „Mars, der Kriegsplanet", Hachmeister und Thal, Leipzig) gerne zugeben wollen, daß auf andern Planeten vielleicht Bakterien und Flechten, ja höhere Pflanzen die Schildhalter des Lebens sind.

Was die Staatsform anlangt, so zeigen sich bei Laßwitz demokratische und republikanische sowie Völkerbundstendenzen. Was heute als Völkertraum die europäische und die Menschheit der ganzen Welt bewegt, die Einigung des Kontinents, ja aller Erdteile in einem zu friedlichem Wettbewerb zusammengeschlossenen Weltstaatenbund, ist bei Laßwitz bereits als Tatsache und ideale Wirklichkeit auf dem Mars geschildert. Bei Tolstoi ist der Marsstaat dagegen durch und durch kapitalistisch. In allen Romanen wird ein Krieg geschildert. Man ahnt, welch quälende Rolle der in der Luft liegende Zusammen-

---

Toga, für die Leibesübung ein mythischer Begriff ist, und Frauen mit großen (ganz irdischen) Konzertpedalharfen. Also eine tolle Gegend, mit Ethik und Sittlichkeit bis zum Übelwerden geladen, ganz unirdisch, übertrieben idealistisch, grob moralisch lehrhaft.

stoß der Weltvölker bei der Vorkriegsmenschheit gespielt hat, ohne daß sie dem nahenden Verhängnis entgehen konnten. Wie Vorausahnungen des Weltkrieges muten die Schilderungen des Krieges der Planeten mit ihrer Blockade der englichen Küste, mit ihrem Gas- und Fliegerkrieg (vor 1900!) bei Laßwitz und Wells an.

Das weitaus wichtigste Thema in der Darstellung der Marsverhältnisse aber ist die Schilderung der dortigen Technik. Die Technik ist das stärkste Erlebnis unserer Menschheit seit der Renaissance. Dessauer hat in seinem Buche „Philosophie der Technik“ mit Begeisterung den Schöpfungstag geschildert, in den wir heute eingetreten seien. Er hat das technische Schaffen als dem künstlerischen verwandt aufgezeigt, nachgewiesen, wie das technische Werk selbständig weiterlebt, wie es die Menschheit beherrscht, wie aber in der Technik auch etwas Sachliches, eine Art platonischer Idee sichtbar wird, die die beste Möglichkeit zur Überwindung materialistischer Vorstellungen bietet. Die Herrschaft über die Natur, ja über den ganzen Kosmos, wird erst wirklich erreicht durch die technischen Mittel. Zugleich hat Dessauer auf die Bedeutung des Standes der Techniker in sozialer Hinsicht hingewiesen. Zahlreiche Gedanken dieses Buches werden von den Romandichtern vorausgeahnt. Bei Galopin und Tolstoi sind die Techniker die Führer des Staates, wie es in Platons Idealstaat die Philosophen sind. Bei Laßwitz heißt es: „Sobald es sich überhaupt um die Lösung einer wichtigen technischen Aufgabe handelt, gab es auf dem Mars keine Parteikämpfe mehr.“ Die Technik durchdringt das ganze materielle Leben der Marsbewohner, schafft ihr wirtschaftliches Wohlbefinden und formt ihr soziales Zusammenleben und ihr sittliches Verhalten im Sinne des oben geschilderten Aufklärungsoptimismus. Günstige Lebensbedingungen gewährleisten auch die Entwicklung einer hohen sittlichen und einer verfeinerten geistigen Kultur. Alles Häßliche, Rohe und Gemeine verschwindet aus Welt und Leben. Der Kampf ums Dasein ist in einen friedlichen Wettbewerb verwandelt. Das alles ermöglichten neben dem Geiste der Aufklärung und der vollständigen Vernünftigkeit die Erfindungen der Marstechniker und Marsingenieure, die, weil sie Herren des Staates waren, auch wirkliche Herren ihrer Erfindungen blieben, sie zum Wohl des Ganzen verwenden konnten und sie nicht dem Kapitalismus und seinen egoistischen Ausbeutungsprinzipien ausgeliefert sahen. In diesem Romane sieht man, was man in der irdischen Wirklichkeit vielfach nicht oder nicht mehr entdecken kann, die Maschine wirklich im Dienst des Menschen, teils auf Grund des Staatssozialismus, der, humanitär gefärbt, sich nur vom Wohl des Ganzen leiten läßt, teils auf Grund einer sehr bezeichnenden Weiterentwicklung der Technik selbst, die ebenfalls unter humanitären Rücksichten erfolgt ist und eine gewaltige Steigerung und Vereinfachung der Leistungen bedeutet, wodurch der Mensch, auch der ärmere, wieder zu selbständigem Handeln frei wird.

In dieser Seite der Raumschiffahrtsromane tritt der oben skizzierte Zug des Utopischen am deutlichsten hervor. Es ist liberaler und sozialer Utopismus, rationalistisch durch und durch, Weltanschauung, Bekenntnis. Im Grunde antimystisch und wohl auch antireligiös eingestellt und, weil zugleich positivistisch, auch nicht völlig mit den Abgründen der menschlichen Seele rechnend. Diese brechen aber erfahrungsgemäß immer dann auf, wenn es den Menschen am besten äußerlich ergeht. Der Krieg hatte den Fortschrittsoptimismus, der auf Darwin zurückging, etwas enttäuscht. Er brachte das Dämonische der Menschennatur wieder ans Licht, er lehrte wieder an Tragik, an Verhängnis, Schuld und Sühne, aber auch an Opfer glauben. Um so bemerkenswerter ist, daß neuerdings wieder der humanistische Utopismus eine Spitzenleistung aufzuweisen hat, die geistig die Folgerung aus der vorhergegangenen Entwicklung zieht und die Gattung der Raumschiffahrtsdichtung unbestritten in die hohe philosophische Sphäre erhebt. Es ist der ausgeglichene Roman von Wells „Menschen, Göttern gleich“ (Paul Zsolnay Verlag, Berlin). Auf Grund einer besonders genialen Erfindung, die auf einem utopischen Planeten gemacht wurde und die den Erfindern das Leben kostete, läßt er drei Automobile mit Erdenbürgern auf dem überaus fortgeschrittenen und hochentwickelten fremden Sterne landen. Der alte Begriff des Raumes ist hier bereits aufgehoben, jene fremde Welt ist in einer andern Dimension, als wir sie bisher kannten, andererseits handelt es sich auch nicht um die Geisterwelt im Sinne des Spiritismus, sondern um eine wirkliche Welt, in der allerdings die Vernunft alles Stoffliche rein gebändigt hat. Ist es Einstein, ist es christliche Metaphysik? Es ist keines von beiden. Es ist reiner Utopismus. Aber die himmlische Utopia wird wirklich geistvoll geschildert als ein Land der Seligen, in der sogar die Technik samt der Natur irgendwie im Bewußtsein überwunden erscheint. Klassischer Ästhetismus, griechische Kalokagathonie, das Ideal des vollendeten Maßes und der entwickelten Menschlichkeit herrschen unbestritten. Und die tiefe Barbarei der Erdlinge, die nicht nur die englische, sondern auch die französische, sowie amerikanische Gesellschaft und mit ihr die ganze heutige Welt repräsentieren, tritt in erschreckender Weise ans Licht. Diese Wellssche Zeitsatire ist die glänzendste der letzten Jahre und zeigt, was mit den Mitteln und Motiven unserer Romangattung auch auf dem Gebiete des hohen Romans möglich ist.

Den Laßwitzschen und Wellsschen Romanen gegenüber tritt eine andere Gattung von Marsromanen, die auf naturwissenschaftliche und philosophische Vertiefung mehr oder weniger verzichtet und dafür den Stoff mehr ins Abenteuerliche umbiegt, wofür er ja alle Voraussetzungen bietet. Ist schon die Fahrt in einen fremden unzivilisierten irdischen Kontinent zu aller Zeit eine heiße Sehnsucht von Unternehmungslustigen und Abenteurern gewesen, die die Phantasie aufs höchste in der Wiedergabe anregte, wieviel mehr der tollkühne Ausflug auf einen fremden Stern — wenn auch nur in der Einbildungskraft. Zu dieser Gattung Marsromanen gehört der Roman des Franzosen Galopin, der in Frankreich als ein zweiter Jules Verne gefeiert wird und der vor dem Kriege in Paris ein Buch erscheinen ließ: „Dr. Omega, Abenteuer dreier Franzosen im Planeten Mars.“ Er hat viel Anregungen von Wells übernommen, originell ist aber unbedingt sein Raumschiff, das sich zu gleicher Zeit auch in ein Automobil und in ein Unterseeboot verwandeln läßt. Seine Reisenden entdecken zuerst Meermenschen, wie sie die türkische und arabische Sage kennt, sowie eine Gattung von Marsmenschen, die wie Fledermäuse flattern, gelangen endlich in das Gebiet der zivilisierten eigentlichen Marsintelligenzen, von denen sie schließlich gefangengenommen werden. Erst eine mit Hilfe drahtloser Wellen von der Erde herbeigerufene Expedition befreit sie. Der Verfasser der Tarzangeschichten, Edgar Rice Burroughs, schrieb einen bei Dieck & Co. in Stuttgart verlegten Abenteuerroman „Eine Marsprinzessin. Dreiundvierzig Millionen Meilen von der Erde.“ Der Held gelangt auf mystisch-okkulte Weise auf den Mars, auf Grund einer Begebenheit, die schwer verständlich ist. Er besteht auf dem Mars allerhand Abenteuer, die wenig interessant sind, nur durch die Liebe einer Marsfürstin zu dem Erdenbürger eine besondere Note erhalten, die wir ja auch in dem Roman Tolstois „Aëlitha“, nur in viel poetischerer und vertiefterer Form wiederfinden. Charakteristisch ist für den Roman, daß er die altastrologische Auffassung vom Mars als dem Stern des Krieges konsequent durchführt und demnach die Marsbewohner als äußerst kriegerisch schildert. Hier berührt er sich in der Auffassung merkwürdigerweise mit dem großen Dante, der auch in seiner Himmelsreise den Mars von Streitern bewohnt sein läßt, seligen Geistern von Gottesstreitern allerdings und so der alten astrologischen Markierung des roten Planeten Rechnung trägt. Einen andern uralten Menschheitsgedanken verarbeitet Uwe Jarl in seinem im Monopolverlag, Berlin SW 61, erschienenen phantastischen Roman „Die Marsbrücke“, nämlich den Gedanken vom babylonischen Turm, den die Menschheit einst bis in die Sterne bauen wollte. Ein deutscher Professor Brinkmann hatte ein Präparat erfunden, mit dessen Hilfe man aus jedem beliebigen Sande tadelloses Zement und Beton herzustellen vermochte. So war es möglich geworden, in der Sahara einen Bau auszuführen, von solcher Höhe, daß die Anziehungskraft der Erde auf seiner Spitze fast ganz wegfiel. Von dieser Höhe sollten Lichtzeichen zum Mars ausgesendet werden. Der babylonische Turm wurde mit internationaler Zusammenarbeit aufgeführt, allerdings unter größten Schwierigkeiten und Intrigen von seiten Englands, das nur mittat, um das Ganze zu sabotieren. Die Schilderungen des Baues und die dramatischen Zwischenfälle machen den Inhalt des Romans aus. Auch hier war also wie beim babylonischen Turm das Ende ein tragisches: der Marsturm wird durch Verrat gesprengt und bricht zusammen. Doch kurz vorher war es noch gelungen, ungeheure Strahlengarben zum Planeten der Riesenkanäle auszusenden. Und die Antwort vom Mars blieb in der Tat nicht aus: er antwortete mit einem silbernen Kreuz, dem Zeichen der allumfassenden Liebe. So endet dieser Roman, den man auch eine Völkerbundssatire nennen könnte, mit dem Versuch einer tieferen Symbolisierung.

In der Wissenschaft trat hinsichtlich der Marshypothesen zuerst durch Baumann (1909), der den Mars als vereist ansieht, jedoch auch die uralte Vulkantheorie erneuert, dann durch Arrhenius und durch Hörbiger eine Wandlung ein. Wenn auch von Amerika immer wieder Nachrichten kommen, nach denen die Bewohnbarkeit oder mindestens Pflanzenwuchs auf dem Mars wahrscheinlich sein solle. In ernstzunehmenden wissenschaftlichen, besonders auch in deutschen Kreisen steht man der Bewohnbarkeitsfrage schon aus Gründen des technischen Beobachtungsapparates, der für derartiges heute noch völlig unzulänglich ist, skeptisch gegenüber. Die Kanäle zumal werden von manchen, namentlich Kühl und Maunder, überhaupt für physiologische Täuschungen gehalten, wozu namentlich die Tatsache führt, daß sie in den ganz großen Instrumenten schwer oder gar nicht gesehen werden können. Damit wendet sich das Interesse der Romanschriftsteller einem andern Wandelstern, der Venus, zu. Die Anhänger der Kant-Laplaceschen Weltentstehungslehre glauben den innerhalb der Erdbahn umlaufenden schönen Schwesterstern in einem Zustand, der dem der Erde zur Steinkohlenzeit entspricht, als ein sehr warmes und gleichmäßiges Klima auf der ganzen Erde herrschte und ein ausgedehntes, infolge mangelnden Anpassungszwangs wenig entwickeltes und differenziertes Pflanzenleben ermöglichte. Nach Hörbiger ist aber auch Venus nichts anderes als eine uferlose Eiswüste. Ihre Umdrehung um die eigene Achse ist so gut wie vernichtet, sie ist heute ein Mond der Sonne. Der von der Sonne ausgehende Feineisstrom hat sie frühzeitig ausgekühlt, und so hat sie auch keine Atmosphäre gleich der noch heute im Innern glutflüssigen Erde entwickeln können. Sie hat nur eine dünne Wasserstoffatmosphäre. Walter Hohmann empfiehlt in seinem Buche „Die Erreichbarkeit der Himmelskörper“ den Morgenstern gerade wegen seiner der irdischen ähnlichen Atmosphäre als Ausflugsziel für irdische Raumfahrer, entsprechend der alten Ansicht, nach der die Venus von dichten Wolken umgeben sei. Gail dagegen schließt sich in seiner knappen und doch ungemein anschaulichen Schilderung einer Landung auf Venus („Der Stein vom Mond“, Bergstadt-Verlag, Breslau) den Ansichten Hörbigers an. Beachtenswert ist, daß schon Wells in seinem Buche „Der Krieg der Welten“ die Marsbewohner nach ihrem mißglückten Ausflug nach England einen Konquistadorenzug auf die Venus unternehmen ließ. Der schon erwähnte Venusroman von Anton, „Brücken über den Weltenraum“, schildert die Venus dagegen entsprechend der älteren Ansicht als eine zweite Erde, nur in einem früheren Entwicklungsstadium. Die auf dem Planeten gelandeten Deutschen entdecken dort Land und Wasser und eine üppige Pflanzen- und Tierwelt mit riesigen Formen. Wirbeltiere gibt es aber dort nicht. Die höchstentwickelte Gattung sind intelligente Termiten und geflügelte Riesenameisen, die auch bereits Werkzeuge zu kennen scheinen, jedenfalls sich in ungeheuren Schwärmen nach rascher „Mobilmachung“ mit primitiven Waffen in der Luft eine Schlacht liefern. Lange vermögen es die Raumfahrer aber auch auf Venus nicht auszuhalten, da diese Welt doch eine ganz andere ist. Es müßten zur Erreichung dauernder Besiedelungsmöglichkeiten von der Erde aus einschneidende Vorarbeiten getroffen werden.

Die Planeten des „Innenkreisels“, wie Hörbiger sagen würde, die „Helioden“, also Merkur und besonders Venus und Mars, sind, abgesehen vom Mond, die engsten Geschwister unserer Erdenwelt. Der kleine Merkur ist zu wenig erforscht und im übrigen wahrscheinlich zu unwirtlich, als daß er das Interesse des Raumfahrtromanciers zu erregen vermöchte. Von den äußeren Großplaneten hat nur Saturn, der ringgeschmückte Fabelstern, einen Landungsplatz für das Madersche Raumschiff „Sannah“ abgegeben. Dagegen haben die Planetoiden, die zwischen Mars und Jupiter in stark exzentrischen Bahnen kreisenden Kleinsterne, von denen sich zwei als Ausreißer auf ihrer Bahn um die Sonne sogar zwischen Mars und Erde wagen, mehr Beachtung gefunden. Mader läßt seine Weltraumreisenden auf einer derartigen Zwergwelt landen, nachdem sie mehrere andere Planetoiden von unregelmäßiger Form, oft nur riesigen Felstrümmern gleichend, an sich vorbeiziehen sahen [1]. Das Phänomen des Lichtwechsels, das diesen Sternchen vielfach eignet, veranlaßt ihn zu der Theorie, daß die Stoffe dieses Kleingestirns phosphoreszierten, in allen möglichen Farben selbst leuchteten, auch das unvermeidliche Gras, das hier wie fast überall auf den Maderschen Wunderwelten wächst, „von innen heraus“ schimmere. In Lafferts „Flammen aus dem Weltenraum“ legen die Marsfahrer an dem Asteroiden „Albert“ an und beginnen ihn, wie die Raumschiffer Maders ihren Planetoiden, von der Tag- zur Nachtseite zu umwandern. „Albert“ ist bei Laffert entsprechend der Hörbigerschen Lehre ein völlig vereistes Welteninselchen, dessen in den bizarrsten Formen zerrissene, kristallinische Eisschollen in allen Farben, vom lichten Weiß über Grün bis zum

[1] Auch die Weltraumreisenden in Tolstois „Aëlitha“ begegnen solchen riesigen im Raum treibenden Felsgebirgen und Steinebenen, „Trümmer eines geborstenen Planeten“, und glauben darauf sogar melancholische Spuren einer längst zugrunde gegangenen Stadt zu sehen.

tiefschwarzen Blau schimmern. In dem Bande „Vom Mars zur Erde“ von Dr. Albert Daiber findet eine Zwischenlandung des vom Mars nach der Erde fahrenden Weltenschiffes auf dem Eros statt, wo eine Art Höhlenmenschen hausen. Eros ist einer derjenigen Asteroiden, die sich zwischen die Mars- und Erdbahn „eingeschlichen“ haben.

Eigentlich sind die Planeten unserer engeren Sonnenheimat heute schon so gut bekannt, die Verhältnisse, die auf ihnen herrschen, teils analogisch, noch mehr aber rechnerisch wenigstens so weit erschlossen, daß mit großer Sicherheit gesagt werden kann, intelligente Bewohner unserer Art könnten auf ihnen nicht existieren. Das gilt heute nicht nur für Mars, sondern auch für Venus; selbst wenn diese das Klima aus der Karbonzeit hätte, wäre sie keine Wohnstätte für Menschen. In riesigen, heißen Sümpfen, in einer von Kohlensäure überschwängerten, triefendnassen Atmosphäre können unsersgleichen nicht siedeln. Es ist daher kein Wunder, daß sich die Blicke der Bewohnbarkeitsphantasten über die Sonnenheimat hinaus in die Fixsternwelt richten, um dort, wo Planeten überhaupt nicht mehr festgestellt werden können, eine neue Erde zu entdecken, gegen die der exakte Forscher aus Mangel an kritischen Ansatzpunkten auch gar nichts einwenden könnte. Gibt doch sogar Hörbiger, der radikalste Gegner aller Bewohnbarkeitshypothesen, zu, im Ringnebel in der Leyer könnten möglicherweise die Bedingungen für die Entwicklung einer zweiten Terra vorhanden sein. Freilich ist es schon schwer, die technischen Mittel für die Erreichung eines Planeten unseres Systems, wenn auch einstweilen noch in der Theorie und Phantasie, zur Verfügung zu stellen, unlösbar erscheint die Aufgabe, jene durch Lichtjahre von uns getrennten Weltsysteme zu erreichen. Mader weiß in seinen „Wunderwelten“ auf Grund seiner Fliehkrafttheorie Rat. Sein Weltenschiff wird auf der Fahrt durch das heimische Sonnensystem von einem begegnenden Kometen angezogen und bis in das Sonnensystem Alpha Centauri mitgerissen. Dort landet das Raumschiff auf einem Planeten, auf dem in jeder Hinsicht paradiesische Verhältnisse herrschen und den die Weltraumfahrer deswegen auch Eden taufen. Fritz Brehmer ließ bei L. Staackmann, Leipzig 1920, einen Roman „Nebel der Andromeda“ erscheinen, der ebenfalls den Besuch eines Irdischen auf einem Planeten der Fixsternwelt schildert. Der unermeßliche Raumabgrund dahin wird durch psychische Kräfte überbrückt. Auf Grund planmäßiger unerhörter Steigerung des Willens gelingt dem Helden Markus zuerst die Elevation und Telekinese, dann schließlich die Atomisierung und Transfiguration des eigenen Körpers und dadurch die Versetzung auf jenen Wandelstern im Andromedanebel, der im übrigen der Erde hinsichtlich der physikalischen und kosmographischen Bedingungen völlig gleicht. Nur die seelische (okkulte) Entwicklung seiner Bewohner ist über die der irdischen Menschheit weit hinausgeschritten. Im übrigen enthält der Roman eine leidenschaftliche Liebesgeschichte, die jedoch nicht so echt und seelisch tief ist wie die in Tolstois Roman „Aëlitha". Die Eigenschaften des „sinnlich-übersinnlichen Freiers" sind hier trotz der kosmisch „gehobenen" Umgebung mehr nach der sinnlichen als nach der übersinnlichen Seite hin ausgeprägt, und der ganze kosmische Okkultismus steht im Dienste des Genusses. Auch hier kommt der Vertreter des Erdplaneten auf jene Zwillingswelt als Überlegener an Kraft des Leibes und Blutes, als willensstärkerer Barbar, der wie ein Wolf in eine Hürde von Schafen einbricht. Wildheit, Urkraft siegt auch weltanschaulich über Alter, Weisheit und Wissen. Wir sehen in dieser Auffassung genau so wie bei Laßwitz und besonders bei Tolstoi eine Verherrlichung des Lebens, die im Vitalismus Bergsons, vor allem aber im Nietzscheanismus ihre tiefere philosophische Ursache hat und als Zeitprotest gegen die Verstandeskultur gedeutet werden darf.

Das technische Problem der Raumschiffahrt ist die Überwindung der Schwerkraft unseres Heimatplaneten. Wäre die Erde so klein wie der Mond oder doch ihre Masse so gering wie die des Mars, so würde der Aufstieg in den Himmelsraum kaum sonderliche technische Anforderungen stellen. Was die Schwerkraft eigentlich ist, weiß noch heute kein Mensch. Kein Wunder, wenn Schriftsteller, die sich den Vorsatz faßten, in der Phantasie den Mond oder den Mars zu erreichen, im Verein mit spekulativ veranlagten Technikern alle möglichen Schwerkrafttheorien ersannen, um auf ihnen aufbauend ein Mittel zur Bezwingung des Weltenraumes zu erfinden. Laßwitz faßt die Schwere als eine Wellenbewegung gleich Schall, Wärme, Licht und Elektrizität auf. Die Körper werden schwerelos, wenn es gelingt, sie so zu verändern, daß sie die Schwerewellen durchlassen. Die Marsingenieure hatten einen Stoff gefunden, der dieser Forderung genügte, und konnten an die Konstruktion der Weltraumschiffe herantreten. Laßwitz läßt seine Raumschiffer außerdem noch das Raketenrückstoßprinzip verwenden, allerdings nur, um seinen Apparat im leeren Raum durch Richtschüsse lenkbar zu machen. Der Gedanke des Richtschusses ist eine durchaus brauchbare technische Idee, die auch in der heutigen ernsthaften Diskussion der Raumschiffahrt eine Rolle spielt. Wells faßt in seinem Roman „Die ersten Menschen im Monde“ die Schwerkraft als strahlende Energie auf, für die aller bisher bekannte Stoff durchlässig ist. Dem englischen Ingenieur Cavor gelingt es, einen Stoff zu erfinden, der die Schwerewellen abschirmt, so daß alle Gegenstände im Schatten dieses Stoffes schwerelos werden. Galopin macht sein Raumschiff durch einen Stoff reisefähig, der von der Schwerkraft abgestoßen wird. Vorbild ist das Radium, dessen Moleküle sich mit solcher Energie abstoßen, daß sie nach allen Richtungen mit Lichtgeschwindigkeit dahinfliegen. Mader arbeitet in seinen „Wunderwelten“ mit einer hypothetischen Fliehkraft oder Erdabstoßung, die im Grunde sich als ein magnetischer Strom erweist. Wird der Strom geschlossen, so werden die von ihm durchströmten Körper von der Erde abgestoßen, und das mit um so größerer Kraft, je stärker der Strom ist. Bei unterbrochenem Strom tritt die Anziehungskraft der Erde wieder in ihre Rechte. Diese Fliehkraft ist die umgekehrte Schwerkraft, ein Magnetismus, der vom Erdmagnetismus abgestoßen wird und der seinerseits auf diesen abstoßend wirkt. Man vergleiche die positive und negative Elektrizität! Eichacker verwendet in seinem Roman „Die Fahrt ins Nichts“ (Fr. Seyboldsche Verlagsbuchhandlung, Leipzig) eine chemische Entdeckung als Triebmittel für das Raumschiff, das Nihilium. Es ist dies ein Stoff, der aus einem auf die Erde gefallenen Meteor gewonnen wurde. Die Nihiliumteile absorbieren die Schwerkraft, mit der die Moleküle des menschlichen Körpers zur Erde gezogen werden. Phantastisch ist die Idee eines Raumgeschosses in dem künstlerisch hochstehenden Buche von E. I. Panhans, „Der schwarzgelbe Weltbund, Zukunftsbilder des drohenden Zusammenstoßes der Rassen und Planeten“ (Vera-Verlag, Hamburg). In die Erde eingelassen werden zwei Platten von einer Legierung, die die Elektrizität anzieht, aufspeichert und millionenmal verstärkt. Aus derselben Legierung wird ein 30 000 t schweres Geschoß, in dem sich Mitteilungen für die Marsbewohner befinden, hergestellt und in eine Erdgrube eingelassen. Dies Geschoß zieht nun ebenfalls die positive Erdelektrizität an, speichert sie auf und vervielfacht sie. Wird die Verbindung zwischen Platte und Geschoß hergestellt, so wird nach Coulombs bekanntem Gesetze das positiv geladene Geschoß von der gleichartig geladenen Platte mit ungeheurer Kraft in den Weltenraum abgestoßen. Bürgel verwendet in seinem Roman „Der Stern von Afrika“ ein Mittelding zwischen Flugzeug und Rakete. (Übrigens mit vielen technischen Fehlern, besonders unzureichenden Geschwindigkeiten usw.) Die Möglichkeit, im luftleeren Raum Tragflächen zu verwenden, bietet ihm die schon oben erwähnte kosmische Staubwolke, in die die Erde mit dem Monde geraten ist. Tolstoi kennt in seinem Marsroman bereits das Raketenprinzip. Ernst genommen werden soll die technische Absicht bei Jules Verne. Praktisch ist jedoch die Schießerei des Franzosen ein Unding, obwohl er scheinbar mit exakten Zahlen arbeitet. Mehr technische Möglichkeit besaßen die Riesenhohlgranaten von Wells in seinem Roman „Der Krieg der Welten“, weil sie nicht von der Erde, sondern vom Mars abgeschossen wurden. Die geringere Schwere des Planeten Mars, die wahrscheinlich sehr geringe Dichtigkeit und Höhe seiner Lufthülle bieten ganz andere Bedingungen als auf der Erde

Nun gibt es aber eine technische Möglichkeit, durch den leeren Raum zu fahren, auf die, wie wir wissen, schon Newton hingewiesen und die schon Cyrano von Bergerac für seine Raumschiffskonstruktionen verwendet hat. Es ist die Rakete, im Grunde eine uralte Erfindung. Bei ihr ist es der Rückstoß der von ihr selbst ausgeschleuderten Gase, der ihren Antrieb bewirkt. Die Fortbewegung der Rakete beruht auf dem Satz der Erhaltung des Schwerpunktes, der in jedem Schwerefelde, im lufterfüllten wie im luftleeren Raum, gilt.

Die Schaffung unerhörter technischer Zukunftswunder mit Hilfe der Rakete und im Weltraum zu errichtender Weltraumsonnenspiegel ist wiederum das Thema einer ganzen Reihe von Romanen geworden, die sich alle auf die oben skizzierten wissenschaftlichen und technischen Untersuchungen stützen. Laffert hat in seinem Roman „Fanale am Himmel“ die Macht geschildert, die eine mit Raumraketen und Weltraumspiegel arbeitende internationale Geheimgesellschaft auf alle Staaten der Erde auszuüben imstande wäre. Sie wirft sich zur Herrin über Krieg und Frieden auf und ist die wahre Garantie des Weltfriedens. In diesem Roman tritt zum ersten Male die von Laßwitz vorgeahnte Idee einer Weltraumstation in technisch denkbarer Form auf: in Gestalt eines zweiten künstlichen Erdmondes, den

Menschenhand hergestellt hat und der nah dem schwerefreien Punkte zwischen Erde und Mond, aber etwas näher bei der Erde als dieser (Valier schlägt als Höhe für diesen künstlichen Mond 50 bis 100000 km über den Erdmittelpunkt vor) kreist. In Gails Roman „Der Stein vom Monde“ wie auch in Lafferts „Flammen aus dem Weltenraum“ dient diese kosmische Station bereits als Sprungbrett für Weltraumfahrt. Als solches eignet sie sich in hervorragender Weise deswegen, weil hier der Schwerepanzer der Erde völlig wegfällt und die Schiffe für die eigentlichen Raumfahrten wesentlich an Energie sparen und viel leichter gebaut werden können, wenn sie von dieser Außenstation der Erde abfahren, als wenn sie vom Erdboden aufsteigen müßten.

Heute ist die Erde bekannt, selbst die beiden Pole haben sich dem Entdeckerdrang nordisch-europäischer Menschen beugen müssen. Und schon beginnt der Drang, über diese Welt hinauszuschreiten. Die Geheimnisse des Weltalls, bisher nur geahnt, theoretisch erschlossen und errechnet, sollen durch Erfahrung und Erforschung aufgehellt werden, die letzten Schleier von den Geheimnissen der Schöpfung, aber auch der Stellung und Bestimmung der Erde und der sie bewohnenden intelligenten Menschheit sollen fallen. Ein Gefühl der Hybris beschleicht da den Menschen, wie es ähnlich den Menschen des 16. und beginnenden 17. Jahrhunderts befallen hat. Die Faustsage, die Überantwortung Fausts an den Teufel ist der sprechendste Ausdruck dafür. Der Kampf, den die Inquisition gegen die unbändige junge Naturwissenschaft führte, ein zweiter. Immer taucht dies angstvolle Gefühl auf, wenn die Menschheit vor neuen Toren steht, die gewaltsam, oft mit Einsatz des Lebens geöffnet werden müssen. Man könnte besonders vom theologischen Standpunkte aus gegen die Eroberung der Himmelsräume einwenden, der Mensch sei durch Gottes Gebot an diese seine Welt gebunden, er habe von ihm nur das Wort gehört: „Macht euch die Erde untertan!“ Naturwissenschaftlich ausgedrückt: Der Mensch sei so sehr ein Produkt seiner Welt, die Naturkräfte, die im Weltenraum herrschen, seien so gewaltig und unberechenbar, daß es von vornherein ein frevelhaftes Beginnen sei, sich ihrem Walten auszusetzen, zum Scheitern verurteilt, wie das Wagnis des Ikarus. Kürzlich suchte ein Mediziner vom Standpunkt seiner Wissenschaft aus die Unmöglichkeit der Raumschiffahrt darzutun. Die Schwerefreiheit im Raum sei für den menschlichen Organismus nicht erträglich. Anklänge an moralische Bedenken finden sich bei Verne. Das Geschoß des Jules Verne war bekanntlich von seiner Bahn abgelenkt und in eine elliptische Bahn um den Mond herumgerissen worden. Nun fragt sich der Verfasser, nachdem er den Schrecken, der darob die Welt befallen, geschildert: „Gab's eine Möglichkeit, den kühnen Erdbewohnern Beistand zu leisten? Nein, sie hatten sich durch Überschreitung der von Gott den Kreaturen der irdischen Welt gesteckten Grenzen außer Verbindung mit der Menschheit gesetzt.“ Noch deutlicher tritt bei Gail im „Schuß ins All“ das metaphysische, moralische Bedenken gegen die Überwindung des Weltraums hervor. Sam, der Arzt und finanztechnische Agent des Erfinders des Weltraumschiffes, Korf, sagt zu diesem: „Glaube mir, ich bewundere dich und dein Werk ... aber ich zweifle daran ob dieser stetige Fortschritt in der äußeren Erkenntnis einen Segen für die Menschen bedeutet ... mir graut vor der überlaufenden Zivilisation, wenn sie die konzentrierte Kultur vernichtet.“ Raumschiffahrt wird hier also deutlich als Problem der Überkultur gesehen. Mit der Endzeit, mit dem Auftreten des Antichrist in Verbindung gebracht und eindeutig verurteilt wird sie von Ernst Panhans. Mit dem Untergang einer Kultur, der atlantischen, wird auch im Marsroman von Tolstoi die erste Besiedlung des Mars durch die Atlantier in Verbindung gebracht. „Hinter der Schutzmauer der großen Stadt, vom Gipfel der mit Goldblechen beschlagenen Stufenpyramide stiegen die Magazitlen (d. h. ‚Erbarmungslose‘, Mitglieder des schwarzen Ordens, der lehrte, das Böse sei die einzige Kraft, die das Sein aufbaue) durch den Ozean des herabströmenden Wassers, aus dem Rauche und der Asche in den Sternenraum. Drei aufeinanderfolgende Erdstöße spalteten die Erde der Atlantis. Die Stadt der hundert goldenen Tore versank in die siedenden Wellen.“ Auch in dem Roman Lafferts, „Der Untergang der Luna“ (G. Stilke, Berlin 1921), der, gestützt auf die Hörbigerschen Lehren, den Absturz des Mondes auf die Erde und den Untergang der menschlichen Kultur schildert, denkt die Menschheit dieser Endzeit an die Konstruktion von Raumschiffen, mit denen einzelne Planeten unseres Sonnensystems auf ihre Bewohnbarkeit untersucht werden sollen. Sicherlich würde die Lösung des Problems der Weltraumschiffahrt einen Gipfel unserer seit der Renaissance einsetzenden naturwissenschaftlichen und technischen, zugleich humanistischen Entwicklung, des Gerichtetseins auf die äußere

Welt bedeuten. Kein größerer psychologischer Gegensatz ist denkbar als zwischen dem Menschen der ersten christlichen Jahrhunderte, zwischen dem mittelalterlichen Menschen, dem religiösen Menschen überhaupt (auch die Innerlichkeit Buddhas wäre hier einzubeziehen), der das Weltproblem von der Seele, ihrer Kultur und Erlösung aus zu lösen sucht, Zeit und Raum durch Versenken in die Gottheit, durch seelische Konzentration überwinden will, und dem menschlichen Geist, der, getrieben von unzähmbarem Durst nach dem Wissen der äußeren Dinge, nach Entdeckung, Eroberung und Macht, über die Schweregrenze des Heimatplaneten hinausdringen und die Wunder des Alls erforschen, unerhörte neue Kraftquellen erschließen will. Der religiös konzentrierte, demütige Mensch, dem Macht von innen gegeben ist, möchte in solchem Unterfangen des rechnenden Verstandes und rücksichtslosen Willens ein Verbrechen erblicken. Aber auch hier entscheidet letzten Endes die Unbefangenheit der Gesinnung, das Newtonsche Staunenkönnen, die Gläubigkeit allein. Wir sind überzeugt, daß am Ende der unerhörten neuen Erkenntnisse und Aufschlüsse, die uns die glückliche Lösung des Raumschiffahrtsproblems bringen würde, immer wieder das Staunen vor Gottes Allmacht und planvoller Weisheit stehen müßte. Das ungeheure Kulturerlebnis der Renaissance, in dem wir noch heute stehen, soll ja nicht verneint und ausgelöscht, sondern innerlich durcharbeitet und eingeordnet werden in ein neues weltumfassendes und gottbestimmtes Denken [1]).

[1]) Anmerkung des Herausgebers: Während der Drucklegung dieses Buches sind noch verschiedene andere einschlägige Romane und Erzählungen erschienen, die nun in dieser Form noch aufgeführt seien. Hans Dominik veröffentlichte in der „Woche" (nunmehr auch als Buch im Scherlverlag) einen großen, technisch bis auf ganz geringe Kleinigkeiten einwandfreien Raketenroman: „Das Erbe der Uraniden", in dem meisterhaft Fahrten zum Mond und zur Venus geschildert werden. — Im Eden-Verlag Berlin erschien: Christian Haugen: „Die Reise nach dem Ken". Der Ken ist als Planet des nächsten Fixsterns Alpha Centauri geschildert, der durch eine kosmische Katastrophe seine Strahlung so sehr verstärkte, daß sich der Spiegel der Meere des Ken um mehrere 100 Meter senkte, wodurch ein neuer Erdteil auftauchte, auf dem sich kleine urweltliche Lebewesen zu einem Geschlecht entsetzlicher Raubsaurier entwickelten, die über die Menschen des Ken herfielen. Auf dem Ken sind infolge einer bestimmten historischen Entwicklung Waffen unbekannt, so daß die Bewohner den „Vampirechsen" keinen Widerstand leisten können. Der Sohn des Königs benutzt das neuerfundene Weltenschiff (ein Gedanke, der an Bürgel anklingt), um Hilfe auf

anderen Planeten zu suchen, die er in zwei Erdenmenschen findet, die mit Hilfe von Geschützen und Maschinengewehren den Ken säubern. Der eine der beiden Erdenmenschen kehrt, da er das Klima nicht verträgt, zurück, der andere verheiratet sich auf dem Planeten der Nachbarsonne. Technisch ist der hübsche und spannende Roman leider nicht tragbar, da dem Verfasser die Begriffe Andruck und Beschleunigung nicht ganz klar zu sein scheinen. Das Technische ist natürlich bedeutend besser in der Erzählung „Auf kühner Fahrt zum Mars" von Max Valier, die in der Zeitschrift „Die Rakete" erschien (auch als Sonderdruck des gleichen Verlages) und eine (nicht durchgeführte) Fahrt zum Mars mit einer Zwischenlandung auf dem Monde schildert. — Herr Dr. Debus teilte mir übrigens brieflich mit, daß er nach Lektüre meines vorangehenden Kapitels seinen skeptischen Standpunkt betreffend Leben auf anderen Planeten nicht mehr in vollem Umfange aufrechterhält. W. L.

Grundprobleme der Raumschiffahrt

Von Professor Hermann Oberth

1. Der Rückstoß

Ich will hier jeden Apparat als Rakete bezeichnen, der durch den Rückstoß ausströmender Gase nach vorwärts getrieben wird.

Man macht sich das Rückstoßprinzip am besten folgendermaßen klar:

Jeder Wirkung steht eine gleich große Gegenwirkung gegenüber. Man kann es auch so ausdrücken: Jede mechanische Kraft greift zugleich an zwei entgegengesetzten Stellen an, an denen sie die entgegengesetzt gleiche Wirkung hervorzubringen sucht. Erklärung: Kein Körper setzt sich von selbst in Bewegung, es muß eine Kraft auf ihn wirken, und dieser Kraft setzt er dabei einen Widerstand entgegen, der so groß ist wie die Kraft selbst. Wenn ich einen Stein stoße, so muß ich dazu eine Kraft anwenden, und der Stein drückt auf meine Hand mit derselben Kraft zurück. Stehe ich dabei auf einem Kahn, so komme ich samt dem Kahn durch diesen Gegendruck in Bewegung. Lege ich zwischen zwei Kugeln eine elastische Feder, so werden beide mit derselben Kraft auseinandergetrieben. Springe ich aus einem Kahn, so erhält der Kahn einen Stoß nach rückwärts. Es ist unmöglich, einen Wagen nach vorwärts zu schieben, wenn man selbst darauf steht und an der Wagenwand drückt, selbst wenn man eine wesentlich größere Kraft anwendet, als zum Bewegen des Wagens nötig wäre, denn die Beine drücken ihn mit derselben Kraft zurück, mit der ihn die Arme nach vorwärts schieben, so daß die Gesamtwirkung gleich Null ist.

Das Gas, welches in der Rakete entsteht (vgl. Abb. 20) entweicht mit beträchtlicher Geschwindigkeit, da ebensoviel Gas, als entsteht, auch hinaus muß. Es erhält diese Geschwindigkeit aber nicht „von selbst", also ohne daß eine Kraft auf es wirken würde. Wenn keine Kraft auf die Gasmoleküle wirken würde, so würden sie ruhig im

Ofen[1]) bleiben. Die Kraft, die sie hinaustreibt, kann nur der Gasdruck im Ofen sein. Es ist, als ob zwischen den einzelnen Gasmolekülen sowie zwischen Gas und Ofen elastische Federn gespannt wären, die das Auspuffgas und den Ofen voneinander zu entfernen suchen; dabei erhält die Rakete natürlich auch einen Antrieb.

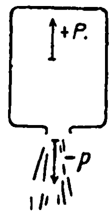


Abb. 20[*]).

Ich möchte bei dieser Gelegenheit gleich auch einen der häufigsten Einwände besprechen, der gegen die Idee eines Raketenraumschiffes erhoben wurde (u. a. selbst von hervorragenden Gelehrten, wie z. B. Prof. Dr. Riem in der „Umschau"). Er lautet: Der Rückstoß könne im luftleeren Raum nicht wirken, denn es gebe hier keine Luft, auf die sich die ausströmenden Gase stützen könnten.

Es braucht hier aber natürlich auch keine äußere Luft. Der Rückstoß „stützt" sich auf das ausströmende Gas *selbst*. Die Kraft, die unten das Gas heraustreibt, stützt sich nach innen zu auf das noch im Ofen befindliche Gas und pflanzt sich hier von Gasmolekül zu Gasmolekül bis zur Raketenwand fort, die Folge ist natürlich die, daß (auch im luftleeren Raum) die Rakete mit derselben Kraft nach oben gedrückt wird, mit der das Gas nach unten geschleudert wird. Übrigens hat der amerikanische Physiker Goddard an der Hand sinnreicher Versuche den Rückstoß im luftleeren Raum selbst gemessen und gefunden, daß er tatsächlich so groß ist, als nach dieser Theorie zu erwarten war (vgl. Goddard, A method of reaching extreme altitudes. Smithsonian Institution, Washington).

Hieraus folgt ein bemerkenswerter Vorteil des Raketenraumschiffes: *die Rakete läßt sich im Ätherraum steuern.* Läßt man z. B. nach vorne Gase ausströmen, so wird die Geschwindigkeit kleiner, läßt man das Gas nach rückwärts ausströmen, so wird die Fahrt beschleunigt, strömen die Gase nach der einen Seite aus, so biegt sich die Fahrtrichtung nach der andern Seite.

2. Beziehungen zwischen Ausströmungsgeschwindigkeit, Substanzverlust und Endgeschwindigkeit einer Rakete

Wir nehmen zwei gleich schwere Kugeln und legen zwischen dieselben eine Spiralfeder. Dann schieben wir die Kugeln zusammen,

[1]) So nennen wir den Teil der Rakete, in welchem die Ladung verbrennt.

[*]) Aus Oberth, „Die Rakete zu den Planetenräumen" (Verlag Oldenbourg, München 1923).

so daß die Feder zusammengedrückt wird. Wenn wir nun die beiden Kugeln gleichzeitig loslassen, so werden sie auseinandergetrieben und rollen mit der gleichen Geschwindigkeit auseinander, die eine nach vorwärts, die andere nach rückwärts.

Bekanntlich berechnen wir die Beschleunigung eines Körpers, wenn wir die auf ihn wirkende Kraft durch seine Masse dividieren. Da nun hier die Feder nach beiden Seiten mit derselben Kraft drückt und da die Massen bei beiden gleich sind, so ist die Beschleunigung in beiden Fällen dieselbe. Daß auch die Endgeschwindigkeit dieselbe ist, das folgt daraus, daß die Feder auf beide Kugeln eine gleich lange Zeit gewirkt hat.

Würden wir die eine Kugel festhalten, so würde die andere mit einer bestimmten Geschwindigkeit c abgestoßen werden. (Der Mathematiker bezeichnet mit einem Buchstaben eine Stelle in einer Formel, in die er nachher eine passende Zahl einsetzen will. Wir bezeichnen also mit c die Abstoßungs-Geschwindigkeit im allgemeinen; wenn wir nachher ein bestimmtes Beispiel ausrechnen wollen, dann müssen wir an die Stelle, wo jetzt c steht, die Zahl schreiben, die angibt, mit wieviel Metern in der Sekunde die beiden Kugeln sich voneinander entfernen). Können sich beide Kugeln frei bewegen, so wird die eine nach vorwärts, die andere nach rückwärts rollen. Wir nehmen an, sie sollen sich wieder mit der Geschwindigkeit c von einander entfernen. Dann wird die Geschwindigkeit jeder einzelnen in bezug auf den Tisch $\frac{c}{2}$ betragen. Ich will nun annehmen, man habe das Experiment auf einem fahrenden Eisenbahnzug gemacht, und zwar so, daß die Kugeln in derselben Richtung rollen, in der die Schienen verlaufen. Dann wird der Antrieb, den die vordere Kugel erhält, zur bisherigen Fahrtgeschwindigkeit v_0 zu addieren sein. Ihre neue Geschwindigkeit v_1 wird gleich sein:

$$v_1 = v_0 + \frac{c}{2}.$$

Bei der Geschwindigkeit v'_1 der rückwärtigen Kugel ist der Antrieb $\frac{c}{2}$ abzuziehen.

$$v'_1 = v_0 - \frac{c}{2}.$$

Nun denken wir uns eine stangenförmige Masse m_0. Vgl. Abb. 21. Sie soll sich im luft- und schwerefreien Raum bewegen, so daß sie eine einmal erlangte Geschwindigkeit so lange beibehält, bis irgendeine neue Kraft auf sie wirkt. Ihre Anfangsgeschwindigkeit sei v_0. Diese Masse soll sich nun plötzlich in zwei gleiche Teile teilen, und die beiden Hälften sollen auseinander getrieben werden, so daß sie sich mit einer gewissen Geschwindigkeit voneinander entfernen (sagen

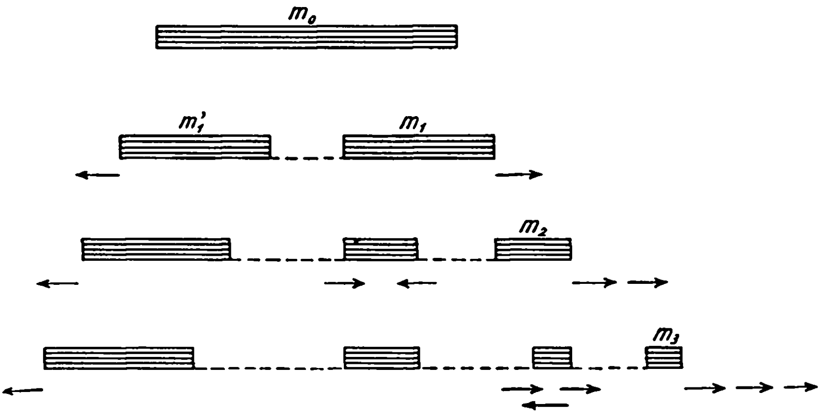


Abb. 21.

wir wieder durch eine Spiralfeder). Nun erhält das vordere Stück m_1 einen Antrieb $\frac{c}{2}$ in der Fahrtrichtung. Seine Geschwindigkeit ist also

(1) $$v_1 = v_0 + \frac{c}{2}.$$

Um das rückwärtige Stück wollen wir uns nicht weiter kümmern. Nunmehr können wir die vordere Masse wieder als Ganzes auffassen und abermals teilen. Die beiden Teilstücke sollen sich wieder mit der Geschwindigkeit c voneinander entfernen. Dann wächst die Geschwindigkeit des vordersten Stückes wieder um $\frac{c}{2}$ so daß es nunmehr die Geschwindigkeit

$$v_2 = v_0 + c$$

besitzt. Wenn wir nun dies Stück wieder teilen und beide Hälften mit der Geschwindigkeit c auseinandertreiben, so wächst die Geschwindigkeit des vordersten Teilstückes auf

$$v_3 = v_0 + \frac{3}{2} \cdot c.$$

Nach einer weiteren Teilung hat das vorderste Stück m_4 die Geschwindigkeit

$$v_4 = v_0 + 2 \cdot c.$$

Anmerkung: Bei $\frac{3}{2} \cdot c$ und $2 \cdot c$ ersetzt der Punkt das Malzeichen. Diese Bezeichnung ist wahrscheinlich deshalb gewählt worden, weil das

$\times$-Zeichen leicht mit dem Buchstaben X verwechselt werden kann, der in der Mathematik oft gebraucht wird.

Nach der fünften Teilung ist die Geschwindigkeit des vordersten Stückes (wir nennen es m_5):

$$v_5 = v_0 + \frac{5}{2} \cdot c.$$

Nach n-maliger Teilung ist die Geschwindigkeit des vordersten Stückes (wir nennen es m_n):

$$v_n = v_0 + \frac{n}{2} \cdot c.$$

Wir erkennen hieraus, daß die Endgeschwindigkeit v_n beliebig groß werden kann, wenn nur n beliebig groß wird, mit andern Worten, wenn wir die Masse beliebig oft teilen können. Es ist nun nur noch die Frage, ob wir hierzu imstande sind. Theoretisch scheint das ja ohne weiteres möglich, aber wenn wir die Sache rechnerisch verfolgen, so finden wir, daß:

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{1}{2} \cdot m_0 \\ m_2 &= \frac{1}{2} \cdot m_1 = \frac{1}{2^2} \cdot m_0 \text{ [1]} \\ m_3 &= \frac{1}{2} \cdot m_2 = \frac{1}{2_3} \cdot m_0 \end{aligned} \tag{2}$$

Allgemein

$$m_n = \frac{1}{2^n} \cdot m_0.$$

Da bekommen wir nun bald ganz fürchterliche Zahlen. Für m_{100} z. B. bekommen wir

$$m_{100} = \frac{1}{2^{100}} \cdot m_0.$$

2^{100} das macht aber eine Quintillion und 269 Quadrilliarden, und wenn die Anfangsmasse so groß wäre wie die ganze Erde, so würde bei der letzten Teilung nur noch ein einziges 2000stel Gramm übrig bleiben. Wir kommen daher — zwar nicht theoretisch, wohl aber praktisch — bald zu einer Grenze.

Die Rechnung wird etwas günstiger, wenn wir bei der Teilung das zurückfliegende Stück kleiner machen als das vorwärtsfliegende.

---

[1]) Anm.: 2^2 (Die zweite Potenz von 2), das ist $2 \cdot 2 = 4$; $2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 4 \cdot 2 = 8$; $2^4 = 8 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16$; $2^5 = 16 \cdot 2$; $2^6 = 32 \cdot 2$; $2^n = 2^{n-1} \cdot 2$.

Wenn wir z. B. die Anfangsmasse m_0 so teilen, daß das vordere Teilstück $\mathfrak{m}_1 = 0{,}706 \cdot m_0$ und das rückwärtige $\mathfrak{m}'_1 = 0{,}294 \cdot m_0$, und wenn sich die beiden Teilstücke wieder mit der Geschwindigkeit c voneinander entfernen, so erhält das vordere den Antrieb $0{,}294 \cdot c$ und das rückwärtige den Antrieb $0{,}706 \cdot c$ (man findet das, wenn man überlegt, daß sich die Antriebe umgekehrt wie die Massen verhalten und daß sie zusammen c ergeben müssen). Es ist nun also die Geschwindigkeit des vorderen Stückes

$$w_1 = v_0 + 0{,}294 \cdot c.$$

Würden wir $\mathfrak{m}_1$ wieder im Verhältnis $0{,}706 : 0{,}294$ teilen, so wäre das vorderste Stück

$$\mathfrak{m}_2 = 0{,}706 \cdot \mathfrak{m}_1 = 0{,}500 \cdot m_0 = \frac{1}{2} \cdot m_0.$$

Das vorderste Stück ist hier also so groß wie beim ersten Beispiel [vgl. (2)] m_1. Seine Geschwindigkeit w_2 (um die beiden Beispiele auseinanderzuhalten, nenne ich hier die Masse $\mathfrak{m}$ und die Geschwindigkeit w) ist aber größer, denn nach (1) war $v_1 = v_0 + \frac{1}{2} \cdot c$, während

$$w_2 = w_1 + 0{,}294 \cdot c = v_0 + 0{,}588 \cdot c.$$

Noch günstiger würde sich die Rechnung stellen, wenn man die zurückgeworfenen Teilstücke noch kleiner machen würde. Wenn wir z. B. die vordere Masse jeweils im Verhältnis $9{,}841 : 0{,}159$ teilen, so ist nach viermaliger Teilung die Masse des vordersten Stückes (ich bezeichne hier die Masse mit μ und die Geschwindigkeit mit V)

$$\mu_4 = 0{,}500 \cdot m_0 = m_1.$$

Seine Geschwindigkeit V_4 aber beträgt

$$V_4 = v_0 + 4 \cdot 0{,}159 \cdot c = v_0 + 0{,}636 \cdot c.$$

Der Grenzfall wäre der, daß wir unendlich viele unendlich kleine Stücke zurückwerfen. In diesem Falle erhält man mit Hilfe der höheren Mathematik (nämlich durch Integration der aus dem Satz von der Erhaltung des Schwerpunktes folgenden Differentialgleichung: $m \cdot dv + c \cdot dm = 0$) die Gleichung:

$$m_0 = m_1 \cdot e^{\frac{v_1 - v_0}{c}}. \tag{3}$$

Dabei ist e die Zahl, die man erhält, wenn man

$$1+\frac{1}{1}+\frac{1}{1\cdot 2}+\frac{1}{1\cdot 2\cdot 3}+\frac{1}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}+\frac{1}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5}\text{ usw.}$$

zusammenzählt. Sie beträgt 2,71828183 ... das ist ungefähr $2\frac{5}{7}$.

Wir schreiben dies Resultat etwas bequemer:

$$v_1 - v_0 = c \cdot \ln \frac{m_0}{m_1}, \tag{4}$$

dabei bedeutet $\ln \frac{m_0}{m_1}$ den Exponenten (d. i. die Zahl rechts oben) der Potenz, zu der man e erheben muß, damit man $\frac{m_0}{m_1}$ erhält.

Mit diesen Überlegungen sind wir auch schon mitten drinn in der Raketentheorie. Bei der Rakete sind die nach rückwärts geschleuderten Teilstücke die kleinsten Teilchen (die sog. Moleküle) der Auspuffgase. Die Rolle der Spiralfedern übernimmt hier der Gasdruck. — Der eben genannte Grenzfall ist bei der Rakete nahezu verwirklicht, weil die einzelnen Gasmoleküle im Vergleich zur Rakete so gut wie verschwindend klein sind. — Wenn eine Rakete im luft- und schwerefreien Raum fährt und ihre Fahrtrichtung nicht ändert, so ist das Verhältnis zwischen Anfangsmasse m_0 und Endmasse m_1 durch die Formel (4) gegeben.

Zu dieser Formel möchte ich noch bemerken, daß sie auch gilt, wenn der Antrieb nicht ein ganzzahliges Vielfach von c beträgt; soll er z. B. 2,5 mal so groß sein, so bekommen wir

$$m_0 = m_1 \cdot e^{2,5}.$$

Das ist mehr als e^2 und weniger als e^3. Die genaue Zahl findet man mit Hilfe der höheren Mathematik.

Auf der untenstehenden Tabelle gibt die oberste Zeile den geforderten Antrieb an. In der ersten Spalte links stehen die Auspuffgeschwindigkeiten. Die Zahlen auf der eigentlichen Tabelle geben an, wievielmal die Anfangsmasse der Rakete (das ist das Leergewicht und das Brennstoffgewicht zu Beginn der Fahrt) größer sein muß als ihre Endmasse (Leergewicht und übriggebliebene Brennstoffe), wenn die Rakete bei der links von der betreffenden Zahl stehenden Auspuffgeschwindigkeit den darüber stehenden Antrieb erreichen soll.

$v_1 - v_0 =$ $v_x =$	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
c: 1000	1,64	2,72	7,39	20,0	54,5	148	405	1089
2000	1,29	1.64	2,72	4,48	7,39	12,2	20,0	33,0
3000	1,18	1,39	1,94	2,72	3.78	5,29	7,39	10,25
4000	1,13	1,29	1,64	2,11	2 72	3,49	4,48	5,76
5000	1,10	1,22	1,49	1,92	2,22	2,72	3,32	4,06

$v_1 - v_0 =$ $v_x =$	8000	9000	10 000	11 000	12 000	13 000	14 000	15 000
$c =$ 1000	2982	8060	22 070	60 000	163 100	444 000	1 200 000	3 290 000
2000	54,5	89,6	148,7	243,5	402	662	1091	1805
3000	14,35	20,0	27,95	39,0	54,6	76,1	106,3	148,7
4000	7,39	9,50	12,20	15,75	20,0	25,8	33,2	42,7
5000	4,95	6,06	7,39	9,02	11,0	13,47	16,42	20,0
								$= \frac{m_0}{m_1}$

Aus unseren Überlegungen folgt übereinstimmend mit dieser Tabelle, daß der Geschwindigkeitszuwachs der Rakete im luft- und schwerefreien Raum $(v_1 - v_0)$ — oder wie wir ihn kur znennen wollen: der ideale Antrieb v_x — um so größer wird,

1. je höher wir die Auspuffgeschwindigkeit c hinauftreiben können,
2. je größer die Anfangsmasse im Verhältnis zur Endmasse ist.

3. Die günstigste Geschwindigkeit

Nicht so günstig wie im luft- und schwerefreien Raum liegen die Verhältnisse beim Aufstieg einer Rakete innerhalb der Erdatmosphäre. Hier wirken Luftwiderstand und Erdanziehung dem Antrieb entgegen, und die Endgeschwindigkeit wird also geringer sein als die Summe von Anfangsgeschwindigkeit und idealem Antrieb. War die Anfangsgeschwindigkeit gleich Null und haben Luft und Schwere die Endgeschwindigkeit um den Betrag q vermindert, so ist

$$v = v_x - q.$$

Es zeigt sich nun, daß der Geschwindigkeitsverlust q dann ein Minimum wird, wenn wir es so einrichten können, daß die Rakete innerhalb der Erdatmosphäre brennt, daß sie hier senkrecht aufsteigt und stets mit der Geschwindigkeit fährt, bei der der Luftwiderstand gleich ihrem Gewicht ist[1]). Wir wollen die Geschwindigkeit, bei der dies eintritt, die „günstigste Geschwindigkeit" nennen und mit $\bar{v}$ bezeichnen. Vom Augenblick an, in dem die Rakete mit der günstigsten Geschwindigkeit fährt, besteht zwischen ihrer Masse und ihrer Geschwindigkeit die Beziehung

[1]) Ich kann die nun folgenden Formeln an dieser Stelle leider nicht mehr ableiten. Wer sich dafür interessiert, den verweise ich auf mein Buch „Die Rakete zu den Planetenräumen".

$$(5)\qquad \ln\frac{m_0}{m_1}=\frac{1}{c}\left\{\bar{v}_1-\bar{v}_0+2g\left[\left(\frac{c}{g}+\frac{H}{c}\right)\cdot\ln\frac{\bar{v}-\frac{2gH}{c}}{\bar{v}_0-\frac{2gH}{c}}-\frac{c}{g}\cdot\ln\frac{\bar{v}}{\bar{v}_0}\right]\right\}.$$

Dabei bedeutet g die Fallbeschleunigung (in der Nähe der Erdoberfläche rund 9,81 m/sek, $\bar{v}_0$ ist die günstigste Geschwindigkeit beim Beginn unserer Betrachtung. (Natürlich muß die Rakete erst eine gewisse Zeitlang brennen, bis sie $\bar{v}_0$ erreicht.) m bedeutet die Masse in einem bestimmten Augenblick, m_0 die Masse bei Beginn der Betrachtung, c ist die Auspuffgeschwindigkeit, H ist ein Weg von rund 7500 Meter.

Während die Rakete nun brennt und steigt, wird sie immer leichter. Dabei wird aber auch die äußere Luft immer dünner, so daß bei gleicher Geschwindigkeit auch der Widerstand, den sie der fahrenden Rakete entgegengesetzt verringert wird.

Es sind nun drei Fälle möglich:

1. Die Luftdichte nimmt gerade so schnell ab wie das Gewicht der Rakete (dies ist möglich, da beide Größen in diesem Falle Exponentialfunktionen der Zeit sind). Dieser Fall tritt ein, wenn $\bar{v}_0\cdot c=2\cdot g\cdot H$. In unserer Formel kommt das dadurch zum Ausdruck, daß das Massenverhältnis für $\bar{v}\gtrless\bar{v}_0$[1] unendlich, für $\bar{v}=\bar{v}_0$ dagegen unbestimmt wird. In diesem Falle bleibt der Wert für die günstigste Geschwindigkeit $\bar{v}$ während der ganzen Fahrt gleich. Hat die Rakete einmal die günstigste Geschwindigkeit erreicht, so bleibt ihr nichts Besseres übrig, als diese Geschwindigkeit unverändert beizubehalten. Dabei dienen die ausgestoßenen Brennstoffe lediglich dazu, die verzögernde Wirkung von Erdschwere und Luftwiderstand zu kompensieren. Es ist einer Rakete nicht möglich, die Erdatmosphäre zu verlassen, wenn $\bar{v}\cdot c=2\cdot g\cdot H$, denn beim Verlassen der Erdatmosphäre wäre die Luftdichte und bei einer gegebenen Geschwindigkeit mithin auch der Luftwiderstand gleich Null, und da ja nach der Definition von $\bar{v}$ der Luftwiderstand gleich dem Gewicht ist, so würde diese Rakete beim Verlassen der Erdatmosphäre keine Masse mehr haben. — Natürlich könnte eine Rakete auch mit einer höheren oder geringeren Geschwindigkeit fahren als

[1] Das $<$ Zeichen bedeutet, daß die Zahl, der es die Spitze zukehrt, kleiner ist als die andere Zahl.

mit $\overline{v}$, aber dann würde sie nicht einmal so weit kommen als mit der günstigsten Geschwindigkeit.

2. Das Gewicht der Rakete nimmt schneller ab, als die Luftdichte ($\overline{v}_0 \cdot c < 2 \cdot g \cdot H$)[1]. In diesem Fall muß die Rakete mit der Zeit sogar immer langsamer fahren, wenn das Gewicht gleich dem Luftwiderstand bleiben soll. Über die Erdatmosphäre vermag eine solche Rakete natürlich erst recht nicht hinauszudringen.

3. Der dritte Fall endlich wäre der, daß das Gewicht der Rakete beim Steigen langsamer abnimmt als die Luftdichte. Dieser Fall tritt ein, wenn $\overline{v} \cdot c > 2 \cdot g \cdot H$. In diesem Falle muß die Geschwindigkeit der Rakete beim weiteren Vordringen wachsen, wenn der Luftwiderstand gleich dem Gewicht bleiben soll. Dabei wird die Geschwindigkeit bald so groß werden, daß das Brennen abgestellt werden kann, so daß die Rakete nunmehr wie eine abgeschossene Kugel bis zur gewünschten Höhe und Entfernung weiterfliegt. In diesem Falle allein ist die Rakete also grundsätzlich befähigt, über die Erdatmosphäre hinauszudringen. Der Hauptgrund, warum die bisherigen Raketen (Feuerwerksraketen, Leuchtraketen, Rettungsraketen und Ungesche Raketengeschosse) nicht über 7 km Höhe hinauskamen, liegt darin, daß bei diesen Apparaten das Produkt $\overline{v}_0 \cdot c$ viel zu klein war. Wenn wir eine Rakete bauen wollen, die wesentlich bessere Leistungen aufweisen soll, so müssen wir vor allen Dingen das Produkt $\overline{v}_0 \cdot c$ vergrößern; dazu müssen wir

a) nach hoher Auspuff-Geschwindigkeit c streben,

b) danach trachten, den Wert für die Geschwindigkeit $\overline{v}$, bei welcher der Luftwiderstand gleich dem Gewichte wird, hinaufzudrücken. Dazu stehen uns drei Wege offen:

1. Wir bauen große oder wenigstens lange Raketen. Ein großer Körper muß bei ähnlicher Form schneller fahren, wenn der Luftwiderstand gleich seinem Gewicht werden soll. Man macht sich dies am besten an der folgenden Beobachtung klar: Wenn wir einen Körper aus größerer Höhe herabfallen lassen, so fällt er erst mit zunehmender Geschwindigkeit, alsbald aber wird seine Geschwindigkeit gleichförmig, weil ihn die entgegenkommende Luft genau so stark aufhält, als ihn die Erdanziehung antreibt. Ähnliche Körper aus demselben Material fallen nun ohne Zweifel um so schneller, je größer sie sind. Man kann sich davon leicht an zwei verschieden großen Korkstopfen überzeugen.

[1]) Das Zeichen $\mp$ bedeutet, daß die Zahlen verschieden sind.

2. Wir wählen zur Füllung der Rakete Stoffe, die in unverbranntem Zustand spezifisch schwerer sind. (Ein Stück Blei fällt schneller als eine Feder). Bei meinen Raketen setzte ich eine leichte Wasserstoffrakete, die erst in großer Höhe arbeiten soll, auf eine 15- bis 40mal so schwere Alkoholrakete, die das Ganze erst durch die unteren dichten Luftschichten hindurchtragen soll. Die Füllung einer Alkoholrakete hat nämlich ein höheres spezifisches Gewicht als jene einer Wasserstoffrakete[1]).

---

[1]) Die Auspuffgeschwindigkeit einer Alkoholrakete beträgt nun allerdings nur 2000 m/sek, während diejenige einer Wasserstoffrakete gegen 4000 m/sek beträgt, und es ist daher behauptet worden, daß — einzig vom Standpunkt des Antriebs betrachtet — Wasserstoff unbedingt vorzuziehen wäre. Man kann sich jedoch leicht davon überzeugen, daß dies nicht unter allen Umständen zutrifft. So entwickeln z. B. alle bisher vorgeschlagenen Schubraketen und (wenigstens während der ersten Hälfte der Fahrt) alle ungeteilten Flüssigkeitsraketen und Raketenflugzeuge bei Verwendung von Alkohol oder Benzin höhere Endgeschwindigkeiten. Man erkennt das, wenn man irgendein b e s t i m m t e s Modell ins Auge faßt und sich die spezifisch schwerere Füllung durch eine Zusammenstellung von einem Gewichtsteil Wasserstoff auf zwei Gewichtsteile Sauerstoff ersetzt denkt. Da ein Liter flüssiger Wasserstoff nur $^1/_{17}$ kg und flüssiger Sauerstoff 1,13 kg/l wiegt, so wäre das spezifische Gewicht dieser Zusammenstellung kaum $^1/_6$. (Es wäre größer, wenn man mehr Sauerstoff nehmen könnte, dies ist aber wieder in den unteren Luftschichten unmöglich, es müßte nämlich bei reichlicher Sauerstoffzufuhr der Innendruck mehr als hundertmal größer sein als der Druck der umgebenden Luft, andernfalls würde die Ausströmungsgeschwindigkeit der Dissoziation wegen unter 2000 m/sek zurückgehen.)

Wenn man nun irgendeine Art des Aufstieges mit Hilfe der einschlägigen Formeln erst für Alkoholfüllung und dann für Wasserstoffüllung berechnet, so wird man finden, daß bei letzterer die Endgeschwindigkeit wesentlich ungünstiger ausfällt. Dasselbe gilt auch bezüglich des Kostenpunktes, da sich flüssiger Wasserstoff wesentlich teurer stellt.

Wenn man nun nicht an einen bestimmten Apparat, sondern nur an eine bestimmte zu erreichende Endgeschwindigkeit bei gegebener Endmasse denkt und den Wasserstoffapparat dementsprechend größer voraussetzt, so kann man bei kleineren Apparaten sogar die Überraschung erleben, daß die Wasserstoffrakete auch d e m G e w i c h t n a c h mehr Treibstoff verbraucht als eine gleichleistungsfähige Alkoholrakete. Das liegt daran, daß 1. die Wasserstoffrakete ihres geringeren Massenverhältnisses wegen mehrstufig gebaut werden muß, um dasselbe zu leisten wie eine ungeteilte Alkoholrakete, 2. muß die Wasserstoffrakete ihres größeren Umfanges wegen auch mehr Brennstoffe gegen den Luftwiderstand verbrauchen.

Ich habe in meinem Raketenbuch (1. Auflage, § 7, 14b und 16a gezeigt, wann die Alkohol- und wann die Wasserstoffüllung vorzuziehen ist; ich werde in der Neuauflage noch etwas ausführlicher darüber schreiben.

3. Wir lassen die Rakete von einem höher gelegenen Punkte abfahren. Da die Luft hier dünner ist, liegt bei derselben Rakete natürlich auch die Geschwindigkeit höher, bei welcher der Luftwiderstand gleich der Schwere wird. (In einer luftleer gepumpten Glasröhre fällt eine Flaumfeder bedeutend schneller als außerhalb derselben.) Glücklicherweise haben wir dies nur bei kleinen und nicht besonders geschickt konstruierten Maschinen nötig, während Rückstoß-Flugzeuge und Raketen-Raumschiffe bei ihrer Größe schon vom Meeresspiegel aus aufsteigen können. Wenn also z. B. Kritzinger in der „Pädagogischen Warte“ berichtet, ich wolle ein 300 000 kg schweres Raketen-Raumschiff vor dem Aufstieg erst von zwei Zeppelinen 5000 m hoch tragen lassen, so beruht das auf einem Mißverständnis. Dies hatte ich nur bei meinem Modell B, einer 5 m langen und 540 kg schweren Registrierrakete vorgeschlagen. Übrigens werde ich die ersten Registrierraketen, die ich immer noch zu bauen hoffe, sobald ich einmal dazu die Mittel habe, so konstruieren, daß sie auch vom Erdboden aufsteigen können. Ich lasse bei diesen Apparaten die Feuergase nämlich einfach oben ausströmen, während die Brennstoff-Behälter gleich einem Schwanz herabhängen. Es ist leicht einzusehen, daß so ein Schwanz beliebig lang sein kann. Eine Rakete, bei welcher die Brennstoffe unten ausströmen, darf dagegen nicht zu dünn werden, sonst wird sie entweder geknickt, oder man muß sie so stark versteifen, daß die mitgeführten Metallteile zu schwer werden [1]). Die folgenden 14 Zeilen sind nur für Fachleute und mögen vom Laien übersprungen werden.

Wenn die Rakete nicht senkrecht, sondern schräg unter einem Winkel α aufsteigen soll, so ist die günstigste Geschwindigkeit dadurch gegeben, daß der Luftwiderstand gleich werden muß dem Gewicht mal $\sin \alpha$ vermehrt um einen aus dem aerodynamischen Auftrieb folgenden Betrag. Die genaue Formel für $\bar{v}$ lautet

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot (k \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{F \cdot \beta \cdot \gamma}}.$$

Dabei bedeutet k das Verhältnis zwischen Rücktrieb und Auftrieb, F ist der Querschnitt der Rakete, β die Luftdichte und γ die

[1]) Ein Draht, der oben befestigt ist und senkrecht herabhängt, kann viel länger und dünner sein als ein Metallstab, den man unten anfaßt und senkrecht nach oben hält, d. h. die Zugfestigkeit ist größer als die Knickfestigkeit.

ballistische Widerstandsziffer. Wir haben diesen Fall, wenn es sich darum handelt, mit einer unbemannten Rakete Eilpost zu befördern oder eine Rakete mit photographischen Instrumenten über unerforschte Länder zu schicken. Im übrigen gelten die abgeleiteten Formeln auch für diesen Fall, wir haben nur statt $\bar{v}$ den eben berechneten Wert und statt H den Wert $H \cdot \operatorname{cosec} \alpha$ einzusetzen.

4. Der Andruck. Raketen, welche nur Instrumente oder Briefe emportragen sollen, können nahezu mit der günstigsten Geschwindigkeit $\bar{v}$ fahren. Leider ist dies aber bei Apparaten, in denen auch Menschen emporsteigen sollen, unmöglich. Bei der Fahrt mit der günstigsten Geschwindigkeit erreicht nämlich die Beschleunigung zuletzt eine für den menschlichen Organismus unerträgliche Höhe.

Die Geschwindigkeit würde an und für sich auf den Organismus der Mitfahrenden überhaupt keine Wirkung ausüben, da die Rakete vollkommen stoßfrei fährt. Unsere Erde bewegt sich z. B. mit 29,7 km/sek um die Sonne. In der Nacht erhöht sich diese Bewegung in unseren Breiten infolge der Achsendrehung der Erde auf 30,0 km/sek, während sie gegen Mittag auf 29,4 km/sek herabsinkt. Außerdem bewegt sich noch das ganze Sonnensystem mit einer uns zur Zeit noch unbekannten Geschwindigkeit durch den Weltraum. Von dieser Geschwindigkeit, die diejenige einer guten Gewehrkugel dreißig- bis tausendmal übertreffen dürfte, merken wir überhaupt nichts. Die hohe Geschwindigkeit eines Raumschiffes würde den Insassen allein also durchaus nicht schaden.

Etwas anderes ist es mit der Beschleunigung. Die Beschleunigung hat nämlich dieselbe Wirkung, als ob die Insassen schwerer würden. Beweis:

Wir betrachten einen Mann, der ruhig dasteht. Die Schwerkraft greift an allen Atomen seines Körpers an und sucht sie herabzuziehen. Wenn die Atome dem Zuge der Schwere folgen könnten, so würde jedes mit einer Beschleunigung von 9,81 m/sek^2 fallen, das heißt: es würde sich am Ende der ersten Sekunde 9,81 m/sek schnell, am Ende der zweiten $2 \cdot 9{,}81$ m/sek schnell, am Ende der $n$ten $n \cdot 9{,}81$ m/sek schnell nach abwärts bewegen. Nun werden aber die Weichteile vom Knochengerüst festgehalten, dieses wieder stützt sich auf die Füße, und die Füße werden von der Erde mit derselben Kraft emporgestoßen, mit der der Körper nach unten drückt. Wir sagen: der Körper kann nicht fallen, denn er ist unterstützt.

Daraus, daß die einzelnen Atome alle fallen möchten, daß sie aber durch eine Kraft daran gehindert werden, die nur außen am Körper angreift, folgen nun gewisse Zug- und Druckspannungen innerhalb des Körpers, wir können z. B. den Arm nicht ohne Muskelanspannung wagerecht halten, die Eingeweide werden nach unten gedrängt usw. Wir bezeichnen diesen Zustand, indem wir sagen: D e r M a n n s t e h t u n t e r e i n e m A n d r u c k v o n 9,81 m/sek g e g e n d i e E r d o b e r f l ä c h e.

Wäre die Schwere geringer z. B. nur 3,72 m/sek², wie auf dem Mars, so wären natürlich auch alle diese Spannungen entsprechend kleiner, unser Mann könnte wie eine Primaballerina auf den großen Zehen stehen, die Seitenäste der Bäume könnten nach Laßwitz dreimal so lang sein, ohne abzubrechen, die Tiere könnten nach Gauß dreimal so groß wachsen, ohne zu plump zu werden u. a. m. Wäre dagegen die Schwerebeschleunigung 271 m/sek² wie auf der Sonne, so wären alle diese Zug- und Druckspannungen $271/9{,}81 = 28$ mal größer als auf der Erde. Ein Mensch würde da blitzschnell zu Boden stürzen und auf dem Boden auseinanderspritzen, als wäre er aus weichem Teig gemacht. Würde die Schwerkraft gänzlich fehlen, so würden auch diese Zug- und Druckspannungen gänzlich aufhören: Die Füße würden nicht mehr gegen den Boden gedrückt, der Mensch würde einem Engel gleich in der Luft schweben, die Arme könnte er, ohne zu ermüden, wagerecht ausstrecken, „oben“ und „unten“ hätten ihren Sinn verloren[1]) usf.

Andruck entsteht also einmal, wenn alle Atome eines Körpers dieselbe beschleunigte Bewegung anstreben, wenn aber eine Kraft, die nur an einem Teile des Körpers angreift, das Zustandekommen dieser Bewegung verhindert. — Nach dieser Definition wäre der Mann auch dann einem Andruck ausgesetzt, wenn er hängt, sitzt, liegt oder auf dem Kopfe steht. Diese verschiedenen Stellungen wirken zwar auf den Menschen ganz verschieden; wenn er am Reck hängt, wird er müde; wenn er auf dem Kopf steht, wird er taumelig; wenn er liegt, so ruht er aus usw. Aber diese verschiedenen Wirkungen beruhen n u r auf der Verschiedenheit der Unterstützung; der Andruck beträgt in allen Fällen, solange sich der Mensch nicht bewegt, 9,81 m/sek².

---

[1]) Wenigstens in physischer Beziehung.

Der Andruck kann aber auch auf andere Weise zustande kommen: Wird ein Wagen in voller Fahrt gebremst, so werden alle seine Insassen, und zwar jeder Teil ihres Körpers proportional seiner Masse, nach vorwärts gedrängt; fährt der Wagen schnell an, so werden sie nach rückwärts angedrückt.

Wenn unser Mann in einem Lift im schwerefreien Raum schweben würde, und dieser Lift würde sich in der Richtung von seinen Füßen nach seinem Kopf hin in beschleunigte Bewegung setzen, so würde er auf den Boden gedrückt. Gegenstände, die in diesem Lift frei gelassen würden, würden scheinbar mit gleichmäßig beschleunigter Bewegung zu Boden fallen, im Körper des Menschen würden dieselben Zug- und Druckspannungen auftreten, als befände er sich auf einem anziehenden Weltkörper. Bei einer Beschleunigung von 9,81 m/sek^2 z. B. wäre sein Zustand in nichts von dem auf der Erde verschieden. (Andruck durch Trägheit.)

Beschreibt ein Wagen eine scharfe Kurve, so werden die Insassen durch die Fliehkraft seitlich geschleudert. Da die Fliehkraft auch nur eine Äußerung der Trägheit ist, so kann sie ebenfalls Andruck hervorrufen.

Es ist nun klar, daß bei hoher Beschleunigung ein beträchtlicher Andruck entsteht, und daß dieser leicht zu Zerreißungen oder Quetschungen der inneren Organe führen kann. Nachdem ich dies erkannt hatte, begann ich die Wirkungen erhöhten Andrucks auf den menschlischen Körper zu untersuchen. Ich habe einen Teil meiner Beobachtungen in meinem Buch „Die Rakete zu den Planetenräumen" niedergelegt. Hier will ich nur die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen zusammenfassen:

a) Ein gesunder Mensch verträgt normalerweise einen Andruck vom 3- bis 4fachen der Erdschwere (ca. 30 bis 40 m/sek^2). Ich möchte hier gleich auf ein ziemlich häufiges Mißverständnis hinweisen: Herr Dr. Weber von der Leipziger Sternwarte z. B. schrieb, eine Beschleunigung (oder was dasselbe ist eine Verzögerung) von 30 m/sek^2 trete dann ein, wenn ein Reisender aus einem mit 30 m/sek fahrenden Eilzug herausspringe. In Wirklichkeit muß man aber beachten, daß für die Größe des Andrucks nicht nur die absolute Größe der Geschwindigkeitsänderung maßgebend ist, sondern daß man hier auch nach der Zeit fragen muß, während welcher die Geschwindigkeit abgebremst wird. Wenn jemand aus einem Eilzug zur Erde springt, so verliert er seine Geschwindigkeit fast augenblicklich. Um den Andruck zu berechnen, müßte man aber die Geschwindigkeit noch durch die Zeit dividieren, während welcher sie abgebremst wurde. Wenn wir es erreichen wollen, daß der Andruck 30 m/sek ^{2} nicht übersteigt, so müssen wir annehmen, daß dieser Reisende auf einen 30 bis 40 m hohen Haufen aus Federn oder ganz lockerem Stroh springt, so daß es tatsächlich eine ganze Sekunde lang dauert, bis er seine Geschwindigkeit verloren hat. Einen ganz ähnlichen Fehler machte Herr Dr. Hein in einem Kosmos-Aufsatz. Er berichtete, daß die Hawai-Insulaner von einem 80 m hohen Felsen ins Meer springen. Dabei kommen sie auf der Wasserfläche mit einer Geschwindigkeit von 40 m/sek an. Also, schloß Hein, sind sie beim Auftreffen auf der Wasserfläche einem Andruck von 40 m/sek ^{2} ausgesetzt. Dies stimmt in Wirklichkeit nun durchaus nicht, da sie ihre Geschwindigkeit in wesentlich kürzerer Zeit als einer Sekunde verlieren. Der Andruck, den sie erleiden, dürfte meiner Schätzung nach etwa 200 m/sek ^{2} betragen.

Weiter fand ich:

b) Der Andruck wird am besten in liegender Stellung ertragen.

c) Durch Training und durch geeignete Lebensweise läßt sich die Andrucksfestigkeit der meisten Personen wahrscheinlich bis auf 70 m/sek ^{2} erhöhen. (Diese Zahl scheint auffallend hoch. Auf den ersten Blick, sollte man meinen, müsse ein Andruck von 7 Erdschweren doch so wirken, als ob auf der Versuchsperson eine Last liege, die 7 mal so schwer sei als ihr eigenes Körpergewicht. In Wirklichkeit steht die Sache aber so, daß nur die zu unterst liegenden Körperteile mit dieser Kraft zusammengepreßt werden, während die oben liegenden eine wesentlich geringere Last zu tragen haben. Im Durchschnitt ist der Zustand also eher jenem zu vergleichen, in dem sich der Mensch befindet, wenn nur das 3,5 fache seines Körpergewichtes auf ihm liegt. Hiermit hängt es auch zusammen, daß Leute unter einem Andruck von 30 bis 40 m/sek ^{2} noch aufstehen und gehen können, während dies den meisten unmöglich wäre, wenn sie das 3- bis 4 fache ihres Körpergewichtes tragen müßten.)

d) Die Andrucksfestigkeit verschiedener Personen ist recht verschieden. Es gibt hier eine Art individueller Begabung, die ebenso verschieden zu sein scheint wie die Begabung für geistige oder künstlerische Betätigungen.

e) Man könnte Raumschiffer auf ihre Andruckfestigkeit prüfen und für einen Aufstieg mit einem Rückstoßflugzeug oder einem Raketenraumschiff vorbereiten, wenn man sie auf den folgenden Apparat bringt:

Um eine Achse *A* (vgl. Abb. 22) dreht sich ein langgestreckter Metallarm *B B'*, der durch die Räder *C* gestützt wird, die auf den Schienen *D* laufen. Am Ende von *B* hängt am Scharnier *E* der

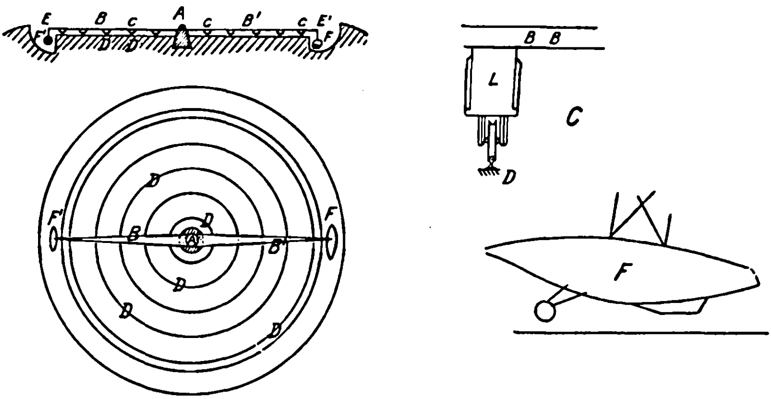


Abb. 22.
Aus Oberth: „Die Rakete zu den Planetenräumen" (Verlag Oldenbourg, München 1923).

Wagen *F*. *F* berührt den Boden nicht, ist unten vorne mit Rädern, hinten mit Schlittenkufen versehen, kommt also, falls *B'* bricht, rasch zum Stehen. Am Ende von *B* hängt in *E* ein Ausgleichgewicht *F'*. Der ganze Apparat soll möglichst stoßfrei gehen, bei *C* sollen elastische Federn, die nicht allzu kräftig sind (noch besser: mit Luft gefüllte Kammern) die Erschütterung aufnehmen. Die Schwingungsperiode dieser federnden Vorrichtung soll mindestens eine Sekunde betragen. Die Versuchsperson hat ihren Platz in *F*, von hier aus wird auch die Schnelligkeit des Wagens geregelt. Natürlich wird die Schnelligkeit der Umdrehung genau registriert. Da *F* im Graben *G* läuft und rings herum die Erde aufgeworfen ist, ist der Versuch weiter nicht gefährlich. Wegen des langsamen Anfahrens, der Größe des Krümmungskreises (der Krümmungsradius soll nicht unter 60 m betragen) und der stoßfreien Bewegung glaubt die Versuchsperson, der Andruck stehe fast senkrecht, und wir haben so ein Mittel, neben der physiologischen die psychische Wirkung hohen Andrucks zu beobachten.

f) Ein abnormer Andruck, der sich wenig von der Erdschwere unterscheidet, vermag, besonders wenn er ständig wechselt, Seekrankheit zu erzeugen. Bei Andruckverhältnissen, die sich wesentlich von dem Andruck durch die Erdschwere unterscheiden, ist noch niemals Seekrankheit beobachtet worden. (Es besteht hier eine Analogie mit der Kitzlichkeit. Leichte Berührungen kitzeln stärker als kräftige.)

g) Bei langanhaltendem Andruck über 40 m/sek², wie er zum Beispiel bei Flugzeugen vorkommt, welche mit großer Geschwindigkeit auf einer Schraubenlinie fahren, sind schon manchmal gesundheitliche Schädigungen beobachtet worden. Wir legen daher unseren Raumschiffberechnungen vorsichtshalber bis auf weiteres einen Andruck von 40 oder noch besser 35 m/sek² zugrunde.

4. Die Synergiekurve

Wenn ein Raumschiff senkrecht aufsteigt, so ist der Andruck gleich der Summe aus der tatsächlichen Beschleunigung des Raumschiffes und aus der Fallbeschleunigung. Wenn es nämlich gerade stillstehen würde, so würde der Andruck in seinem Inneren genau eine Erdschwere betragen. Wenn es nun nach aufwärts fährt, so addiert sich der Beschleunigungsandruck offenbar zum Schwereandruck. Da letzterer ca. 10 m/sek² beträgt, so bleiben für den Beschleunigungsandruck dann noch 25 bis höchstens 30 m/sek² übrig. Weiter oben werden die Beschleunigungsverhältnisse ein wenig günstiger, da die Schwerkraft abnimmt, wenn wir uns von der Erde entfernen.

Wenn nun das Raumschiff senkrecht aufsteigen und 5 bis 6 Minuten lang brennen würde, so hätte es zuletzt eine Geschwindigkeit, die es bei abgestelltem Motor so von der Erde auf einen fremden Weltkörper schleudern könnte, wie wir einen Stein von einem Dach auf das Nachbardach zu werfen vermögen. (Vgl. hierzu den Aufsatz „In den Tiefen des Weltenraumes“.) Während des Brennens würde es nach den Gesetzen der Mechanik einen Weg von mindestens 1400 km zurücklegen. Es würde also unter dem Raumschiff, während es anfährt, eine 1400 km hohe Gassäule entstehen. Die Errichtung eines solchen Turmes kostet natürlich viel Arbeit. Man kann diese Energie aber sparen, wenn man den Turm niederlegt, d. h. wenn man die Rakete nicht steil aufsteigen, sondern auf einer gekrümmten Linie anfahren läßt, die über der Erdatmosphäre wagerecht wird (vgl. Abb. 23). (Anfangs muß ja natürlich jedes Raumschiff steil aufsteigen, um rasch aus der Luft herauszukommen.) Eine genaue Beschreibung dieser Aufstiegsart und eine Behandlung der Einwände dagegen würde hier wohl nicht interessieren, ich werde in meinem

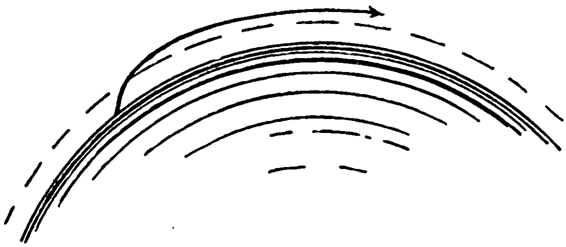


Abb. 23.

Raketenbuch die Sache ausführlich besprechen. Ein Raumschiff, welches auf dieser Kurve, ich will sie die Synergiekurve nennen, aufsteigt, verbraucht ein Minimum an Brennstoffen, besonders wenn es gegen Osten fährt, so daß zu seiner Geschwindigkeit noch die Geschwindigkeit infolge der Achsendrehung der Erde hinzukommt. Dies läßt sich glücklicherweise bei den meisten Raumfahrten nahezu erreichen.

Um auf der Synergiekurve eine Geschwindigkeit zu erreichen, die es ihm ermöglicht, die Erde zu verlassen, würde das Raumschiff so viel Brennstoffe verbrauchen, daß ihm diese im luft- und schwerefreien Raum eine Geschwindigkeit von 11 700 bis 12 300 m/sek erteilen könnten. Die Zahl von m/sek, die die Brennstoffe einem Raumschiff im luft- und schwerefreien Raum erteilen würden, heißt der „ideale Antrieb". Sie schwankt in diesem Falle je nach der Bauart des Raumschiffes. Da die Endgeschwindigkeit des Raumschiffes beim Abstellen des Feuers hier 11 100 m/sek beträgt, so ist der ideale Antrieb, wie man sieht, 600 bis 1200 m/sek größer als die Endgeschwindigkeit.

Wenn das Raumschiff senkrecht aufsteigen würde, so wäre der ideale Antrieb bei einer Beschleunigung von 25 m/sek^2 mindestens 13 000 m/sek, er wäre also um mehr als einen km/sek größer als bei der Synergiekurve. Das Raumschiff würde dabei nach Formel (3) 20 bis 50 % mehr Brennstoffe verbrauchen (je nachdem wir $c = 4000$ oder 2000 m/sek ansetzen).

Wenn wir nicht auf fremden Weltkörpern landen, sondern nur Forschungsfahrten in die Planetenräume unternehmen wollen, so bringt uns der Aufstieg auf der Synergiekurve noch zwei weitere Vorteile:

1. Das Raumschiff fährt zuletzt, wie gesagt, wagerecht. Wenn man es dabei mit 8 km/sek fahren läßt, so läuft es dauernd im Kreise um die Erde (vgl. hierzu S. 216), ohne weiter Brennstoffe zu verbrauchen. Es ist dann ein kleiner Mond der Erde geworden, auf dem man die beabsichtigten Messungen machen kann. Eine kleine Verzögerung (wenn man etwas Gas nach vorne strömen läßt) genügt dann, um es der Erde etwas näher zu bringen, so daß es die Erdatmosphäre streift. Es fährt dann von selbst immer langsamer, bis es zuletzt niedergeht.

2. Wenn man es mit mehr als 8 km/sek fahren läßt, so beschreibt es, wenn der Antrieb aufhört, eine Ellipse, deren fernster Punkt je nach der Anfangsgeschwindigkeit beliebig weit abliegt, deren erdnaher Punkt aber unter allen Umständen dicht über der Lufthülle liegt. Wenn man dann während der Fahrt (am besten auf dem erdfernen Punkt) etwas Kontradampf gibt (es genügt hier schon eine Verzögerung von 50 m/sek), so kann man erreichen, daß das Raumschiff bei der Rückkehr durch die Erdatmosphäre hindurchgeht, wobei seine Geschwindigkeit durch den Luftwiderstand allmählich aufgezehrt wird. (Vgl. „Fahrtrouten und Landungsmöglichkeiten".) Dabei ist der Weg, den es in der Luft zurücklegt, auffallend lang, und es kommt nur in dem Maße, in welchem seine Geschwindigkeit geringer wird, in tiefere, stärker bremsende Luftschichten. Wenn dagegen das Raumschiff senkrecht aufgestiegen wäre, so würde es bei seiner Rückkehr die Erde auch wieder annähernd senkrecht treffen. Dabei wäre der Weg in der Luft zu kurz, um als Bremsstrecke zu dienen. Angenommen, wir hätten einen Fallschirm, der so stark wäre, daß das Raumschiff sofort seine ganze Geschwindigkeit verliert, so wäre dabei der Andruck so gewaltig, daß die Insassen sterben müßten. Man müßte hier also mit Hilfe des Rückstoßes bremsen, dabei würde der ideale Antrieb gerade auf das Doppelte steigen. Wir haben aber bereits beim Beispiel der fortgesetzt geteilten Masse gesehen, was das zu bedeuten hat.

5. Das Massenverhältnis

Die Formel (3) ermöglicht es uns, das Massenverhältnis zu berechnen, wenn wir die Auspuffgeschwindigkeit und den zur Lösung einer bestimmten Aufgabe notwendigen idealen Antrieb kennen. Über die Auspuffgeschwindigkeit haben Herr Dr. Hoefft und Herr Ing. Pirquet in einem besonderen Aufsatz das Nötige mitgeteilt. Hier genügt es uns, daß die Ausströmungsgeschwindigkeit eines Knallgasgebläses 4 km/sek, diejenige der übrigen als Brennstoff in Betracht kommenden Substanzen rund 2000 m/sek beträgt. Wir wollen nun untersuchen, wieviel Brennstoff wir da für bestimmte Zwecke brauchen.

Wenn ein Raketenflugzeug nach Amerika fahren und lediglich durch seine Zentrifugalkraft getragen werden soll, wie Hoefft dies vorschlägt, dann beträgt sein idealer Antrieb 8900 m/sek [1]. Zurück würde er der Erddrehung wegen etwas weniger, nämlich 8300 m/sek betragen. (Also auch mit dem Raketenflugzeug reist ein Amerikaner leichter nach Europa als ein Europäer nach Amerika. Eine Ungerechtigkeit!) Wenn das Raketenflugzeug gleich einem Aeroplan von Tragflächen getragen wird, so beträgt der zu dieser Fahrt notwendige ideale Antrieb 5000—6000 m/sek. Für Forscherfahrten in die Planetenräume brauchen wir bis zu 12 km/sek, für Fahrten auf fremde Weltkörper und zurück 16—24 km/sek.

Nach Formel (3) müßte nun das Massenverhältnis $\frac{m_0}{m_1}$ gleich 402 sein, wenn bei einer Auspuffgeschwindigkeit von $c = 2000$ m/sek der ideale Antrieb $v = 12\,000$ m/sek erreicht werden soll (vgl. hierzu die Tabelle S. 112 ff.), d. h. wir müßten 401 mal soviel Brennstoff in die Rakete packen, als der ganze Apparat mit den Passagieren und der Nutzlast in leerem Zustand wiegt. Wenn wir unserer Berechnung die Auspuffgeschwindigkeit $c = 4000$ m/sek zugrunde legen, so erhalten wir noch ein Massenverhältnis von 20,0, d. h. der Apparat muß in gefülltem Zustand 20 mal so schwer sein als im leeren, man muß mithin 19 mal soviel Brennstoff mitnehmen, als der ganze Apparat ohne den Brennstoff wiegt. — Bei der Erreichung fremder Planeten

[1] Es wäre sonst nämlich bei längeren Fahrtstrecken ein zu steiles Eintauchen in die Atmosphäre zu befürchten. Die von Hoefft angeführten Zahlen scheinen mir daher etwas zu tief gegriffen. (Natürlich sollen durch diese Bemerkung die Verdienste Hoeffts in keiner Weise verkleinert werden.)

hätten wir es mit Massenverhältnissen von 32,9—1080 zu tun. Bei der Überquerung des Atlantischen Ozeans müssen wir mit Massenverhältnissen von 12,3—90,0 rechnen, da wir hier nicht gut flüssigen Wasserstoff als Brennstoff benutzen können (vgl. S. 116 Abschnitt b 2). Auf dieselbe Zahl kommen wir, wenn wir eine Rakete im Kreise um die Erde laufen lassen wollen. Wenn wir hier anfangs Alkohol und später Wasserstoff als Brennstoff benutzen, können wir hier das Verhältnis zwischen Anfangs- und Endmasse unter 10 herabdrücken. Bei einer Postrakete, die 1000 km weit fliegen soll, wäre das Massenverhältnis bei Verwendung von Wasserstoff 2,5, andernfalls wäre es 6,3; bei einer Registrierrakete, die senkrecht aufsteigen und 200 km hoch steigen soll, müßte es 1,6 bzw. 2,5 betragen. Hier müßte also das Brennstoffgewicht 60 bzw. 150 % des Leergewichtes ausmachen. Deshalb wird diese letzte Verwendungsmöglichkeit der Rakete auch allgemein zugegeben, während an den übrigen Möglichkeiten die Gelehrten vielfach auch heute noch zweifeln, wenn sie die einschlägigen Arbeiten nicht gelesen oder wenigstens nicht verstanden haben.

Wenn wir die Treibstoffe mit 100 km/sek und mehr abstoßen könnten (vgl. hierzu S. 107 ff.), so wäre natürlich die Erreichung eines idealen Antriebes von 30 km/sek eine Kleinigkeit. Die Brennstoffe müßten dann nur 33 % des Leergewichtes wiegen. Da wir aber (wenigstens vor der Hand) auf solche Abstoßungsgeschwindigkeiten verzichten müssen, so bleibt uns nichts weiter übrig, als zu untersuchen, ob und wie wir so gewaltige Massenverhältnisse erreichen können.

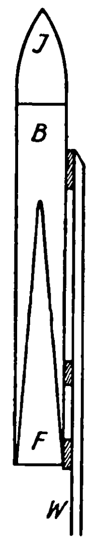


Abb. 24.

Die gewöhnliche Feuerwerksrakete (vgl. Abb. 24) besteht aus einer festen Hülle, in die ein nicht zu rasch abbrennender Sprengstoff, der Treibsatz (*B*) geladen ist. Wenn dieser verbrennt, so strömen die Gase nach unten aus. Bei *F* befindet sich ein schnell abbrennendes Pulver, der sogenannte Zündsatz. Bei *J* ist der Kunstsatz untergebracht. Es sind dies Leuchtkugeln oder sonstige Gegenstände, die die Rakete mit in die Höhe tragen soll. Der Stab *w* dient als Steuer.

Die Papierhülle darf hier nicht zu dünn sein, weil sie sonst unter dem Druck der Pulvergase zerreißen würde. Eine stärkere Hülle ist aber natürlich auch entsprechend schwerer, und so kann hier das Massenverhältnis eine gewisse Grenze (etwa 3) unmöglich übersteigen.

Wir könnten das Massenverhältnis hier wesentlich verbessern, wenn wir die Hülle aus einem Stoff herstellen würden, der von unten angefangen in dem Maße abbrennt, in dem man die Hülle nicht mehr braucht. (Dazu könnte z. B. eine getrocknete und erhärtete Mischung von Leim und Salpeter dienen.) Hier könnte natürlich alles abbrennen, so daß die Endmasse sozusagen gleich Null wäre. (Wenn auch das Steuer in gleicher Weise abbrennt.)

Mit dieser Rakete verwandt ist das von Hohmann vorgeschlagene Raumschiff. Hohmann will einfach einen Turm aus hartem Pulver bauen (vgl. Abb. 25), auf dessen Spitze das eigentliche Raumschiff sitzt. — Mir persönlich ist dieser Plan nicht eben sympathisch. Böse Menschen sagen, weil ich einen andern habe, der aber nicht so klar und einfach ist, gute Menschen sagen, man habe hier die Verbrennung nicht so recht in der Hand, die Steuerung des Turmes während des Brennens wird äußerst schwierig und gefährlich werden, und vor allen Dingen dürfte bei diesem Turm die Ausströmungsgeschwindigkeit c zu klein bleiben. Annehmbare Ausströmungsgeschwindigkeiten lassen sich nämlich nur erzielen, wenn die Gase aus glatten, trichterförmigen Metalldüsen ausströmen. Ich glaube, diesmal haben die guten Menschen recht[1]).

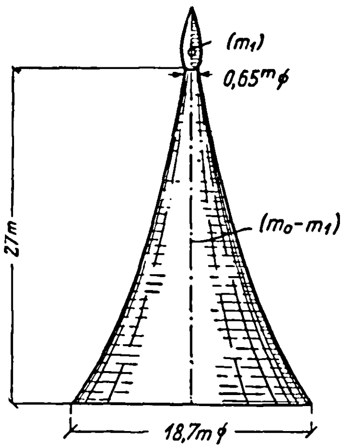


Abb. 25.
Aus Hohmann, Die Erreichbarkeit der Himmelskörper (Verlag Oldenbourg, München 1925).

Der amerikanische Physiker Goddard arbeitet mit rauchlosem Pulver und läßt die Gase aus metallenen Düsen ausströmen. Wenn nun die ganze Pulvermenge in einem einzigen Überzug stecken würde, der so stark sein müßte, daß er nicht zerreißt, dann könnte das Pulvergewicht nur einen Bruchteil des Leergewichtes ausmachen. Goddard sagte sich nun aber, daß dies weder nötig noch wünschens-

[1]) Um Mißverständnissen vorzubeugen, erkläre ich hier, daß ich die Arbeiten Hohmanns als einen sehr wertvollen Beitrag zur Raketentheorie ansehe, wenn ich auch in einigen Punkten von seinen Ansichten abweiche.

wert ist. Er macht die ganze Sache ähnlich wie bei einem Maschinengewehr. Beim Maschinengewehr gibt es nämlich einen Mechanismus, der selbsttätig das Gewehr immer wieder lädt und die abgeschossenen Patronen entfernt. Bedient wird dieser Mechanismus durch den Rückstoß der Patronen. Der Soldat muß nur beim ersten Schuß einen Hebel niederdrücken, dann feuert das Rohr selbsttätig weiter, solange er will. Einen ähnlichen, nur schneller laufenden Mechanismus benutzt nun auch Goddard bei seinen Raketen. Dabei muß natürlich nur der Treibapparat (d. i. der Teil, wo die Patrone explodiert, und die anschließende Metalldüse) aus starkem, schwerem Metall bestehen. Die einzelnen Patronen können in dünnen Papierhüllen stecken, die außerdem stets nach dem Schuß weggeworfen werden, ja die einzelnen Patronen brauchen überhaupt nicht in Hüllen zu stecken, wenn sich aus dem Sprengstoff, aus dem sie bestehen, harte, zusammenhängende Stücke herstellen lassen. Man sieht leicht ein, daß hier das Brennstoffgewicht im Vergleich zum Metallgewicht ganz enorm sein kann. Tatsächlich soll Goddard bei seinen bisherigen Versuchen, über die er sich aber ziemlich ausschweigt, sehr schöne Erfolge erzielt haben.

Außerdem bringt Goddard bei seinen Apparaten noch ein weiteres Prinzip zur Anwendung. Wenn nämlich der ideale Antrieb einer einzigen Rakete nicht ausreicht, um ihr die erforderliche hohe Endgeschwindigkeit zu erteilen, so muß man nur mehrere Raketen übereinanderstellen, so daß stets die unterste arbeitet und abgeworfen wird, wenn ihre Brennstoffe erschöpft sind. Wenn die obere Rakete in dem Augenblick, in welchem sie zu brennen beginnt, nicht stillsteht, sondern bereits eine Geschwindigkeit hat, so addiert sich diese Geschwindigkeit einfach zur Geschwindigkeit, die sie sich selbst zu erteilen vermag. Die Endgeschwindigkeit der letzten Rakete wird also gleich der Summe der Einzelantriebe sein. Für dies Prinzip der Übereinanderstellung mehrerer Raketen hat sich der Name „Stufenprinzip“ eingebürgert.

Wenn wir eine Serie von Raketen haben, deren Massen wir mit M, m und μ bezeichnen, und wenn wir mit dem Index (das ist die kleine Ziffer rechts unten) 0 die Masse der vollen, mit dem Index 1 die Masse der leeren Rakete bezeichnen, so leistet so ein System von mehreren Raketen dasselbe, wie eine einzige Rakete $\mathfrak{M}$ leisten würde, bei welcher:

$$\frac{\mathfrak{M}_0}{\mathfrak{M}_1} = \frac{M_0 + m_0 + \mu_0}{M_1 + m_0 + \mu_0} \cdot \frac{m_0 + \mu_0}{m_1 + \mu_0} \cdot \frac{\mu_0}{\mu_1}$$

wäre.

Bei meinen eigenen Raketen kommt nicht Schießpulver zur Verwendung, sondern eine brennbare Flüssigkeit und der zur Verbrennung nötige Sauerstoff, welchen ich, um mehr unterzubringen, vorher durch Kälte verflüssigt habe.

Bei den einfachsten Modellen verdampft der Sauerstoff, und der Dampf wird durch irgendeine Gasflamme, die in dem Sauerstoff brennt, über die Entflammungstemperatur des Brennstoffes erwärmt, etwa auf 700—900 Grad Celsius. In dies heiße, noch immer stark sauerstoffhaltige Gas spritzt dann durch besondere Zerstäuberdüsen (ich nenne sie zum Unterschied von der Raketendüse „Poren") der Brennstoff. Er verbrennt dann völlig und liefert so das ausströmende Gas.

Bei den komplizierteren Formen lasse ich in eine Flamme, die viel überschüssigen Dampf des Brennstoffes enthält, zuerst in ähnlicher Weise flüssigen Sauerstoff einspritzen; er verbrennt hier so wie der Brennstoff im heißen Sauerstoff, denn es ist im Grunde dasselbe, ob der flüssige Brennstoff im heißen Sauerstoffgas oder der flüssige Sauerstoff im heißen Brennstoffdampf verbrennt. In dies heiße, sauerstoffhaltige Gas lasse ich dann noch einmal flüssigen Brennstoff eintreten. Bei den größten Maschinen kann man in dieser Weise mehrmals hintereinander abwechselnd flüssigen Sauerstoff und Brennstoff einbringen.

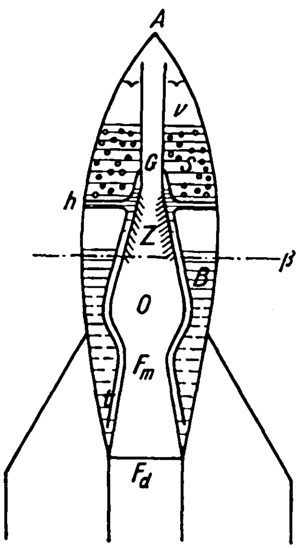


Abb. 26.

In seiner einfachsten Form würde der Apparat so aussehen (vgl. Abb. 26): Das Ganze ist aus Blech. Bei S befindet sich flüssiger Sauerstoff. B ist irgendeine brennbare Flüssigkeit wie Benzin, Alkohol, durch Kälte verflüssigter Wasserstoff oder dgl. Der Sauerstoff würde schon dadurch verdampfen, daß er sich in gut wärmeleitenden Behältern befindet, doch das würde für unsere Zwecke nicht schnell genug gehen. Man muß also noch künstlich nachhelfen, etwa indem man Brennstoff in den flüssigen Sauerstoff eintreten läßt und hier zum Verbrennen bringt, sagen wir, mit Hilfe eines glühenden Platingitters oder unter Zuhilfenahme von Kieselgur oder Ottmannschem Kunstbims. Die Verbrennungsgase steigen sodann im Sauerstoff auf und bringen ihn dabei zum Verdampfen. Der Sauerstoffdampf tritt sodann in das Rohr A, hier tritt auch Brennstoffdampf aus der Röhre m dazu, ein Schutzblech v hindert, daß größere Sauerstofftropfen mitgerissen werden, bei G verbrennen die Brennstoffdämpfe und erwärmen dabei den Sauerstoff auf 700—900°. Bei Z spritzt dann der Brennstoff in dies heiße, sauerstoffhaltige Gas. Abb. 27 zeigt etwas vergrößert diesen Teil der Wand von außen und bei d, d durchschnitten. Abb. 28 zeigt den Zerstäuber im Querschnitt bei β. Der Brennstoff wird dort, wo er den 800 Grad heißen Sauerstoff berührt, entflammt. Die Verbrennung ist, wie man sieht, in der Mitte am stärksten. Hier werden (da nämlich das Ganze unter einem Druck von 10—20 Atmosphären steht) Temperaturen bis zu 4000 Grad erreicht, während das Gas an den Wänden verhältnismäßig kalt bleibt und die Wände daher nicht stark angreift.

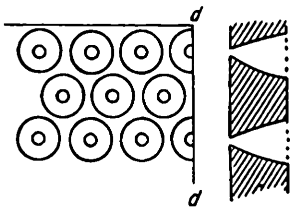


Abb. 27.
Aus Oberth, „Die Rakete zu den Planetenräumen“ (Verlag Oldenbourg, München 1923).

Bei diesem Apparat müssen die Flüssigkeitsbehälter unter so hohem Druck stehen, daß die Flüssigkeit durch die Zerstäuberporen noch mit hinreichender Kraft in den Gasstrom getrieben wird, der selbst auch schon unter hohem Druck steht. Die Wände der Behälter müssen daher entsprechend dick und schwer sein. Höher als 50 km könnte dieser Apparat daher nicht steigen.

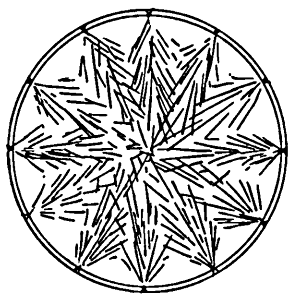


Abb. 28.

Es würde eine wesentliche Verbesserung bedeuten, wenn wir die Brennstoffbehälter unter geringeren Druck setzen könnten als die Flüssigkeiten im Treibapparat. Dann müßten wir allerdings Pumpen haben, um die Brennstoffe in den Treibapparat zu pressen. Kolben- oder Flügelpumpen halte ich nun allerdings wegen ihres Gewichtes für unbrauchbar. Wir sind aber glücklicherweise auch nicht auf sie angewiesen. Wir müssen nur vier kleine, starkwandige, durch geeignete Ventile verschließbare Kessel (Abb. 29) haben, zwei für den Sauerstoff und zwei für den Brennstoff, so daß stets ein Paar aus den Flüssigkeitsbehältern mit Sauerstoff und Brennstoff nachgefüllt wird, während wir in den zwei anderen die Flüssigkeiten in der

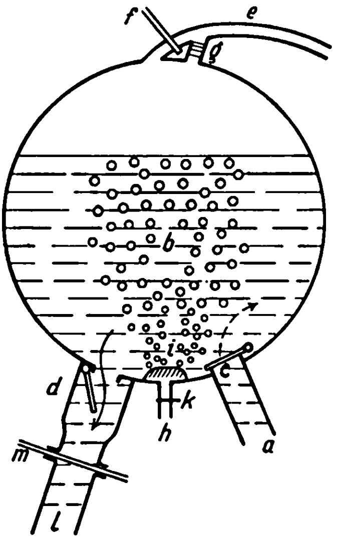


Abb. 29.
Brennstoffpumpe
(etwas schematisiert).

a = Verbindungsrohr zwischen Pumpe und Brennstoffbehälter
b = Brennstoff
c = Ventil, welches sich öffnet, wenn der Druck in der Pumpe kleiner ist als im Brennstoffbehälter
d = Ventil, welches sich öffnet, wenn der Druck in der Pumpe größer ist als im Treibapparat
e = Abdampfröhre
f = Schiebeventil für den Abdampf
g = Sicherheitsventil
h = Zuführungsrohr für den Sauerstoff
i = Brenner
k = Regulierventil für den Sauerstoff
l = Verbindungsrohr zwischen Pumpe und Treibapparat
m = Regulierventil zwischen Pumpe und Treibapparat.

oben beschriebenen Weise zum Verdampfen bringen, so daß die Gase die übrige Flüssigkeit in den Treibapparat drücken. Sobald sich alle Flüssigkeit in den Treibapparat entleert hat, schließen sich die Hähne zwischen Pumpkammer und Treibapparat, und es öffnet sich dafür ein Hahn, der die Gase ins Freie treten läßt, worauf die Kammer aus dem Brennstoffbehälter nachgefüllt wird. Der ganze Unterschied zwischen diesem und dem zuerst beschriebenen Apparat besteht also darin, daß hier nicht der ganze Brennstoffbehälter unter 30—40 Atmosphären steht, sondern nur ein kleiner abgegrenzter Teil desselben. Das Ganze läßt sich etwa mit dem Wiederladungsprinzip Goddards vergleichen. Ein nach diesem Muster gebauter, aus einer einzigen Rakete bestehender Apparat kann schon nahezu 2000 km weit oder 1400 km hoch fliegen.

Den Anziehungsbereich der Erde kann auch dieser Apparat noch nicht verlassen. Dazu brauchen wir noch das Stufenprinzip. Wir stellen zu diesem Zweck entweder zwei bis drei Raketen übereinander, zu unterst vorteilhaft eine, bei der als Brennstoff Alkohol dient, darüber solche, bei denen flüssiger Wasserstoff zur Verwendung kommt (diese Bauart eignet sich besonders für Raumschiffe), oder aber, wir lassen die Brennstoffbehälter (wie Abb. 30 zeigt) in der Mitte wie einen Schwanz herabhängen und richten die Sache so ein, daß zuerst die untersten Behälter entleert und nachher abgeworfen werden. Diese Bauart ist besonders bei Registrierraketen zu empfehlen.

Abb. 30*).

Die Anwendung flüssiger Brennstoffe erfordert also wesentlich kompliziertere Maschinen als die Anwendung fester Sprengstoffe. Ich entschloß mich aus folgenden Gründen trotzdem dafür:

1. Die Gase können hier im Verbrennungsraum dauernd unter demselben Druck gehalten werden. Beim Goddardschen Wiederladungsmechanismus dagegen muß während des Ladens der Druck gleich Null sein. — Dadurch wird bei meinem Apparat erstens die Beschleunigung gleichmäßiger, während bei Raketen Goddardscher Bauart ein gewisses Schütteln unvermeidlich ist, welches weder den Instrumenten noch den Mitfahrenden zuträglich sein dürfte. Zweitens wird bei gleichem Energiegehalt der Brennstoffe die Ausströmungsgeschwindigkeit etwas größer, wenn es gelingt, den Verbrennungsraum dauernd unter dem höchsten zulässigen Druck zu halten. (Dies lehrt zum Beispiel ein Vergleich der Holzwarthturbine mit Gasturbinen, bei denen die Gase gleichmäßig ausströmen.)

2. Wir haben die Regelung der Geschwindigkeit während der Fahrt völlig in unserer Hand. Wir brauchen ja nur die Hähne der Pumpen richtig einzustellen. Bei der Hohmannschen Rakete ist eine Beeinflussung des Ganges beim Abbrennen so gut wie ausgeschlossen (die Goddardsche Rakete kommt ihres schüttelnden Ganges wegen für die Personenbeförderung überhaupt nicht in Frage).

3. Unter den Kombinationen von flüssigen Brennstoffen befinden sich u. a. diejenigen Stoffe, die die höchste Auspuffgeschwindigkeit liefern. Mit einer Zusammenstellung von einem Gewichtsteil Wasser-

*) Aus Oberth, „Die Rakete zu den Planetenräumen" (Verlag Oldenbourg, München 1923).

stoff auf 2—5 Gewichtsteile Sauerstoff z. B. lassen sich Ausströmungsgeschwindigkeiten von mehr als 4000 m/sek erreichen, während man mit den stärksten Pulversorten noch keine 2400 m/sek erhält. Wir brauchen nur die Tabelle auf S. 113 anzusehen, um zu erkennen, was das bei hohen Endgeschwindigkeiten zu bedeuten hat. Ich will hier allerdings nicht verschweigen, daß Herr Prof. Dr. Karl Wolf von der Wiener Technischen Hochschule in einem Aufsatz geschrieben hat, es sei unmöglich, Ausströmungsgeschwindigkeiten über 2000 m/sek zu erreichen. Er geht dabei von theoretischen Überlegungen aus. Er überlegte etwa: Wasserstoff und Sauerstoff verbrennen zu Wasserdampf. Wasserdampf kann nicht wärmer sein als 3000° (nämlich wegen der Dissoziation). Dabei ist die Durchschnittsgeschwindigkeit, mit der die Moleküle durcheinanderschwirren, etwas über 2000 m/sek. Diese Geschwindigkeit stellt aber das Äußerste dar, was wir überhaupt erwarten dürfen. — Wolf hat hier nur das eine vergessen, daß wir hier einen Haufen überschüssigen Wasserstoff haben: Wir haben hier also gar nicht dissoziierten Wasserdampf, sondern ein 4000—5000° heißes Gemisch aus nichtdissoziierten Gasen, bei dem der leichte Wasserstoff überwiegt. Wenn man für dieses dieselbe Rechnung macht, so kommt man auf ungefähr $4^1/_2$ km/sek als obere Grenze, eine Zahl, die durch Reibungsverluste und sonstige Unvollkommenheiten der Maschine noch um 300—400 m/sek herabgesetzt werden dürfte. Tatsächlich konnte ich auch schon mit einem keineswegs vollkommenen Apparat 3800—3900 m/sek erzielen. Im luftleeren Raum vollends können wir, wie Herr Ing. v. Pirquet an anderer Stelle zeigen wird, stets die Ausströmung undissoziierten Wasserdampfes und entsprechend hohe Auspuffgeschwindigkeiten erreichen, wenn wir nur die Raketendüsen hinreichend lang und weit machen.

4. Der Betrieb wird bei Anwendung flüssiger Brennstoffe gefahrlos. Diese Stoffe können nur dann verbrennen, wenn sie in ganz bestimmter Weise zusammengebracht werden. Ich kann z. B. die Befürchtung Kritzingers (Pädagogische Warte, Januar 1927) nicht teilen, „daß der Betriebsstoff sich nicht an den vorgeschriebenen Weg durch die Düsen der Rakete hält, sondern daß die Naturkräfte, zu blindem Walten entfesselt, die Wandungen des Behälters sprengen. Das hätte eine Explosionskatastrophe im Gefolge, die noch weit verheerender ist als selbst die Explosionen von Munitionslagern im Kriege“. Um zu erkennen, daß das ausgeschlossen ist, rühre man

festen Sauerstoff und flüssigen Wasserstoff zusammen, meinetwegen so fein, als man nur kann, und zünde das Gemisch an. Es brennt kaum schneller ab, als flüssiger Wasserstoff allein abbrennen würde. Explosiv können nämlich nur Mischungen wirken, bei denen entweder die Sauerstoffabgabe und -aufnahme bei einer Temperatur erfolgt, bei welcher die Bestandteile noch fest oder flüssig sind, oder aber, bei denen die entstehenden heißen Gase wenigstens nicht entweichen können. Beides ist hier nun aber nicht der Fall. (Man hüte sich allerdings, auf die Mischung mit einem Hammer zu schlagen oder eine Bombe damit zu laden.) Hier verdampft zuerst der Wasserstoff. Die Flamme kommt gar nicht an den Sauerstoff heran, sondern sie bleibt im Gasraum und erwärmt die Mischung nur durch Strahlung. Diese Strahlung bewirkt nun nur eine stärkere Verdampfung des flüssigen Wasserstoffs. Dieser entzieht dabei dem Sauerstoff auch noch Wärme und hindert ihn am Verdampfen, so daß er gar nichts zur Sache tun kann. Erst wenn praktisch gar kein Wasserstoff mehr da ist, beginnt auch der Sauerstoff zu verdampfen, aber dann ist er natürlich erst recht unschädlich. Es sind also schon weitgehende Vorversuche und raffinierte Apparate nötig, um die beiden Stoffe überhaupt im Laufe einiger Minuten zur Verbrennung zu bringen. Wenn bei meiner Rakete also wirklich eine Scheidewand zerreißen sollte (sie wird aber nicht reißen!), so kann das Ganze nur an der Berührungsfläche beider Flüssigkeiten brennen. Das entstehende Gas kann nun nicht hinaus, dabei zerreißt zunächst die äußere Wand der Rakete, da die Behälter ja verhältnismäßig dünn sind, und nun liegt die Mischung offen da und kann, zumal sie ja nicht einmal fein verteilt ist, überhaupt nicht explodieren. — Eine Mischung von flüssigem Sauerstoff und festem Alkohol vollends kann man nicht einmal anzünden. Was dabei so sprüht und pufft, das ist lediglich das Zündholz.

Bei Pulverraketen ist es nun freilich nicht ausgeschlossen, daß das Pulver denkt, es müsse alles auf einmal losgehen, bei Flüssigkeitsraketen dagegen ist nur das eine möglich, daß die Behälter unter dem Druck der eingeschlossenen Gase zerreißen. Diese Explosionen sind nun schon von Natur aus nicht heftiger als etwa Kesselexplosionen. Dann ist aber noch besonders eins zu bedenken: Wirklich heftig kann nur die Explosion des Treibapparates werden, da dieser allein unter hohem Druck steht. Nun befinden sich aber zwischen dem Treibapparat und der starkwandigen Beobachterkammer auch noch die Brennstoffbehälter, die in diesem Falle als Puffer wirken. Ich glaube also, die Heizer eines Schiffskessels spielen in dieser Beziehung mehr mit ihrem Leben.

6. Die Steuerung der Rakete

Wir binden eine kleine Pulverrakete, am besten eine selbstgestopfte, auf einem kahn- oder bügeleisenförmigen Brett fest. Die Rakete soll dabei möglichst weit hinten liegen (vgl. Abb. 31). Sodann legen wir das Brett auf das Wasser und zünden die Rakete an. (Und treten vorsichtshalber vier Schritte zurück, denn Pulverraketen, zumal selbstgestopfte, sind heimtückische Dinger.) Unser Schifflein wird alsbald ganz merkwürdige Schleifen beschreiben und sich einer Politik der geraden Linie gänzlich abgeneigt zeigen. — Nun machen wir einen zweiten Versuch und binden diesmal am Brett hinten ein langes Steuer an, etwa eine Weidenrute. Jetzt geht die Geschichte in gerader Linie weiter.

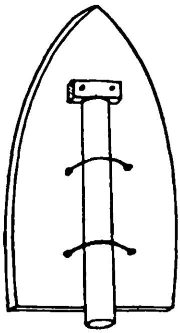


Abb. 31.

Nun zünden wir in freier Luft eine ganz kleine Rakete ohne jedes Steuer an. Sie beschreibt ganz ähnliche Schleifen und Schrauben wie vorhin die steuerlose Rakete auf dem Wasser, nur viel schneller. (Diesen Versuch sollte man natürlich nur im Freien machen und sich dabei nicht niedersetzen, damit man fortspringen kann, wenn die Rakete kommt.) Nun binden wir an unsere Rakete eine Weidenrute und stecken sie mit dieser in eine Röhre, die so weit ist, daß die Rute gut drinnen gleitet, daß aber die Rakete nicht mit hineinrutscht. Nun stellen wir das Rohr schief auf und zünden die Rakete an. Sie wird zunächst (wenn wir von einem Kompliment absehen, welches sie kurz vor der freien Fahrt der Erde macht) ungefähr in der Richtung der Röhre fliegen, alsbald wird ihre Bahn aber steiler und nach drei Sekunden ungefähr steigt sie senkrecht auf.

Nun ersetzen wir den Stab durch lange dünne Flossen aus Kartenpapier und die Röhre, in der er steckte, durch 4 parallele glatte in einem Holzklotz steckende Stäbe, zwischen denen die Flossen gleiten können. Das Bild wird ungefähr dasselbe sein, wie beim vorigen Versuch, nur daß die Rakete zum Aufrichten etwa 10 Sekunden braucht.

Beim nächsten Versuch machen wir die Flossen kurz und breit. Nunmehr dreht sich die Rakete während des Fliegens allmählich nach abwärts, so daß sie zuletzt steil nach unten schießt.

Bei Flossen ist endlich noch ein dritter Fall möglich, nämlich der, daß die Rakete dauernd unter einem bestimmten Winkel aufsteigt. (Der Flug ist aber in diesem Falle weniger sicher als in den beiden erstgenannten.)

Wir lernen aus diesen Versuchen folgendes:

1. Wir müssen für Vorrichtungen sorgen, die die Flugbahn sichern (Stäbe oder Flossen).

2. Registrierraketen, die senkrecht aufsteigen sollen, stabilisieren wir am besten dadurch, daß wir die Brennstoffbehälter wie einen Stab oder Schwanz herabhängen lassen (Abb 30).

3. Für Schrägaufstiege ist eine solche Rakete aber nicht geeignet, denn sie stellt sich nach einigen Sekunden senkrecht, und es lassen sich daran kaum Steuer anbringen, um sie zur schrägen Fahrt zu zwingen. Wenn wir eine Rakete bauen wollen, die auch schräg aufsteigen kann, so müssen wir zur Sicherung Flossen verwenden.

4. Wegen der Schwierigkeit, eine solche Rakete auf einer geradlinigen schrägen Bahn zu halten, sind außerdem Steuer erwünscht, die sich a k t i v bewegen, wenn die Rakete von ihrer Bahn abweichen sollte.

Aber wie soll ein Apparat beschaffen sein, um die Rakete in ihre Bahn zurückzubringen?

Zuerst wird wohl jeder an ein Pendel oder Senkblei denken, welches irgendwie auf die Steuerflossen einwirkende elektrische Ströme auslöst, wenn die Rakete nicht mehr den ursprünglichen Winkel zur Senkrechten einhält. — Wenn wir die Sache indessen untersuchen, so sehen wir, daß das nicht geht. Das Lot zeigt nämlich nicht die Richtung der Schwerkraft, sondern die Richtung des A n d r u c k s an, und diese fällt bei der fahrenden Rakete nicht mit der Richtung der Schwerkraft zusammen.

Andere denken daran, das Pendel durch eine bewegliche Magnetnadel zu ersetzen. Diese stellt sich bekanntlich immer in die sogenannte Inklinationsrichtung ein. — Dies geht schon eher, hat aber auch seine Nachteile. Vor allen Dingen wäre die Fahrtrichtung dadurch noch gar nicht bestimmt, daß wir den Apparat so stellen, daß die Rakete einen bestimmten Winkel zur Magnetnadel einhalten muß. Wenn die Rakete nicht gerade in der Inklinationsrichtung aufsteigen soll, so gibt es nämlich nicht nur eine einzige Richtung, die mit der Inklinationsnadel einen bestimmten Winkel einschließt, sondern unzählig viele. Sie liegen alle auf einem Kegelmantel, der die Inklinationsrichtung zur Achse hat (vgl. Abb. 32). Wenn sich nun während der Fahrt die Rakete um ihre Achse dreht, so wird der ganze Apparat verdreht und zwingt die Rakete in eine neue Lage zur Wagerechten (die ja natürlich falsch ist). Man müßte hier also zum mindesten noch irgendeinen anderen Apparat haben, der dafür sorgt, daß sich die Rakete nicht um ihre Achse drehen kann, oder daß sie zur Wagerechten denselben Winkel beibehält oder dgl.

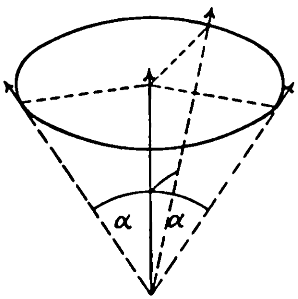


Abb. 32.
Jede Seite dieses Kegels bildet mit der Achse denselben Winkel α.

Einer der ersten Raumschifferfinder, Prof. Ziolkowsky, wollte die Aufgabe dadurch lösen, daß er das Sonnenlicht durch eine Glaslinse sammelte. Rings um den Lichtfleck wollte er Selenzellen anordnen. Das Selen ist ein Element, welches die Eigenschaft hat, daß es den elektrischen Strom im Licht leitet, in der Dunkelheit dagegen nicht. Wenn nun das Raumschiff von seiner Richtung abkäme, so würde der mit dem Raumschiff fest verbundene Apparat mitgedreht, das Sonnenlicht müßte daher auf eine der Selenzellen fallen, die dadurch für den elektrischen Strom leitend würde. Dieser Strom sollte dann das Steuer bewegen. Auch bei diesem Instrument bleibt als geometrischer Ort der Raumschiffachse ein ganzer Kegelmantel übrig. Ziolkowski wollte nun dies Instrument mit dem vorhin genannten Magnetnadelinstrument vereinigen. Wenn die Sonne nicht gerade in der Inklinationsrichtung scheint, so bleiben bei einem solchen Instrument nur noch zwei mögliche Lagen der Raketenachse übrig (nämlich die Schnittlinien der beiden Kegelmäntel), zwischen denen der Raumschiffer leicht wählen kann. Da Ziolkowsky fast nur an bemannte Raumschiffe dachte, so stellt sein Vorschlag eine mögliche Lösung dar, wenn auch keine ideale.

Goddard will das Problem dadurch lösen, daß er einfach die ganze Rakete in rasende Umdrehung um ihre Achse versetzt. Ein

Körper, der sich rasch um seine Achse dreht (wie z. B. ein Kreisel), setzt einer Änderung seiner Lage einen beträchtlichen Widerstand entgegen, allerdings nur, solange seine Drehungsachse nach der Seite ausweichen kann. Bei der Goddardschen Rakete soll nun nur der Kopf, in welchem sich die Instrumente befinden, von der Drehung verschont bleiben. Natürlich muß er da selbst drehbar auf dem Raketenkörper aufgesetzt sein. Ich fürchte nur, daß er mit der Zeit doch in Drehung kommen wird (ich wüßte wenigstens nicht, wie man das auf die Dauer verhindern soll), und das wird den Instrumenten keineswegs zuträglich sein. (An Personenbeförderung hat Goddard ja überhaupt nicht gedacht.) Außerdem würde dies Verfahren auch nur dazu dienen, die Fahrtrichtung ungefähr einzuhalten, da die Achse ja doch stets seitlich ausweicht. Auch unsere um ihre Achse rotierenden Artilleriegeschosse bleiben ja nicht in ihrer Anfangslage.

Ich für meinen Teil glaube, es ist die Hauptsache, den Richtungskreisel so anzubringen, daß keine äußeren Kräfte auf ihn einwirken. Das gelingt, wenn man den Kreisel in der Cardanischen Weise aufhängt, und die Flossenbewegungen durch elektrische Ströme auslösen läßt, die je nach der Stellung der Rakete zum Kreisel gestärkt oder geschwächt werden. Abb. 33 zeigt den Apparat. Für den Fall, daß ein Leser im Maschinenzeichnen nicht bewandert ist, gebe ich an: die obere Abbildung zeigt den Apparat so, als ob wir ihn von oben nach unten in der Mitte durchschnitten hätten und nun von vorne betrachteten. Die untere Figur zeigt den Apparat von oben, wenn man sich den oberen Deckel der Kreiselkammer abgehoben denkt. Der Kreisel *K* dreht sich in einer wagerechten luftleeren Hülle *H*, diese kann sich um die Achse g_1 g_2 drehen; bei g_2 läuft ein Kupferbügel auf einem kreisförmigen, den elektrischen Strom schlecht leitenden Draht. Wenn hier ein Strom hindurchgeht, so ändert er seine Stärke, wenn der Kupferbügel nicht richtig steht, das heißt, wenn die Rakete die vorherbestimmte Richtung nicht eingehalten hat. — g_1 und g_2 hängen an einem zweiten Ring, der um die Achse g_3 g_4

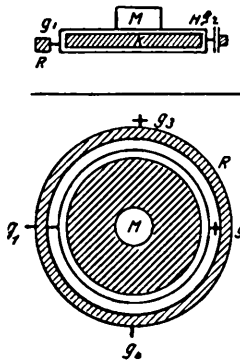


Abb. 33.
Aus Oberth, „Die Rakete zu den Planetenräumen“ (Verlag Oldenbourg, München 1923).

drehbar ist. Bei g_3 ist dieselbe Vorrichtung wie bei g_2. Diese Ströme sind natürlich nur schwach, sie reichen aber hin, irgenwelche Gashähne zu bedienen; das hier durchtretende Gas drückt, wenn nötig, auf noch stärkere Gashähne, diese lassen das Gas in irgendeine Vorrichtung treten, die die Flossen bewegt. Bei Raumschiffen sind drei aufeinander senkrecht stehende Kreiselapparate vorhanden. Anm.: Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß neuerdings auch Goddard und Hoefft ähnliche Kreiselapparate vorgeschlagen haben.

An dieser Stelle will ich auch erwähnen, daß die Raketenflossen auch im luftleeren Raum wirksam sind; sie müssen hier aber dem Gasstrom flach aufliegen, so daß sie bei einer Bewegung auf das Auspuffgas drücken, sie dürfen also nicht, wie die von Valier gezeichneten, einfach in den luftleeren Raum hineinragen.

Es ist in letzter Zeit oft der Vorschlag aufgetaucht, den Raketenmotor für flüssige Brennstoffe als Antriebsmittel für Aeroplane zu verwenden. Bei einem solchen Rückstoßflugzeug brauchen wir keinen Steuerkreisel, wenn wir die Kräfte und Gewichte ähnlich verteilen wie bei einem Aeroplan.

7. Geschwindigkeits- und Ortsbestimmungen

Ein bestimmtes Gewicht dehnt eine elastische Feder um so stärker aus, je größer der Andruck ist, weil es bei höherem Andruck stärker an der Feder zieht. Gewichte an elastischen Federn sind also ein geeignetes Mittel, um die Beschleunigung der Rakete zu messen. Beim Raumschiff werden wir drei Gewichte benutzen, die den Andruck in drei zueinander senkrechten Richtungen angeben. Den ganzen Apparat hängen wir, wie vorhin die Kreiselkompasse, an drei beweglichen Ringen auf und bringen auch einen Kreisel daran an, damit er seine Stellung unabhängig vom Raumschiff beibehält. Wir können es nun leicht erreichen, daß durch einen solchen Beschleunigungsanzeiger ein elektrischer Strom fließt, der der Beschleunigung proportional ist (oder weniger richtig, aber verständlicher gesagt: Der Strom soll so stark sein wie die Beschleunigung). Wenn wir nun in diesen Strom einen der Erdschwere entsprechenden Widerstand einschalten und den Strom nachher durch einen Elektrizitätszähler schicken, so zeigt der Elektrizitätszähler an, mit wieviel Metersekunden sich das Raumschiff in der Richtung des Beschleunigungsanzeigers bewegt. Hieraus können wir mit geeigneten

Apparaten leicht den in jeder Richtung zurückgelegten Weg feststellen. Wir können geradezu Apparate bauen, die in Kilometern den Ort angeben, auf dem sich das Raumschiff befindet. Wir können endlich diese Apparate noch in Verbindung setzen mit den Motoren und Steuerapparaten, so daß unsere Rakete unbekümmert um Abschußrichtung, Belastung und Wetter dorthin fliegt, wo wir sie haben wollen (fast wie die berühmten Teufelskugeln aus dem „Freischütz"). Solche Steuerungsautomaten sind besonders bei unbemannten Raketen wichtig. Beim Raumschiff sind sie insofern von Wert, als sie den Führer davon befreien, ununterbrochen auf seine Maschine zu achten. Auf diese Weise bleibt ihm mehr Zeit zu wissenschaftlichen Beobachtungen.

Ganz besonders wertvoll werden diese Steuerungsmechanismen für Raumschiffe sein, die zu fremden Weltkörpern fahren sollen, denn hier kann der Führer während des Brennens nicht so genau steuern, als notwendig wäre, um den fremden Planeten nicht zu verfehlen.

Weiter erblickt der Raumfahrer spätestens eine Minute nach der Abfahrt den gestirnten Himmel (auch bei Tag). Dabei kann er seinen Ort durch Beobachtung der näher liegenden Gestirne, namentlich der Erde, gut bestimmen. Man kann sich das Prinzip der Orientierung im Raum gut folgendermaßen klarmachen: Man lege irgendeinen runden Körper, z. B. einen Apfel, auf den Tisch, das soll die Erde sein. Die Gegenstände weiter im Zimmer sollen die übrigen Gestirne vorstellen. Bückt sich nun der Beobachter, so sieht er den Apfel im Vergleich zu den weiteren Gegenständen höher, stellt er sich auf die Zehenspitzen, so sieht er ihn tiefer. Beugt er sich nach rechts, so wandert der Apfel scheinbar nach links, kommt er näher, so wird der Apfel größer usw.

Ganz in derselben Lage nun befindet sich der Raumschiffer gegenüber der Erde und den näheren Planeten. Die Fixsterne wandern scheinbar mit dem Raumschiffer mit, wie der Mond mit dem Spaziergänger, denn sie sind so weit, daß die „geringfügige" Verschiebung des Standortes im Sonnensystem noch keine scheinbare Verschiebung ihres Standortes hervorrufen kann. Der Astronom kann nun vor der Fahrt ganz genau ausrechnen, wo und wie groß man die Erde in einem gegebenen Augenblick sehen muß. Sieht man sie größer, so ist man zu nahe, die Geschwindigkeit war also zu klein. Erscheint sie gegenüber den Fixsternen nach der einen Seite verschoben, so ist man nach der anderen Seite abgekommen usw.

8. Landung

Obwohl Meteore mit Geschwindigkeiten bis zu 70 km/sek in die Erdatmosphäre eintreten, so fallen sie doch nur mit einer Geschwindigkeit von 10—500 m/sek auf die Erde nieder. Die Luft wirkt wie ein Puffer und entzieht ihnen die kosmische Geschwindigkeit. Es liegt also der Gedanke nahe, auch bei Raketen und Raumschiffen die Luft zu Bremszwecken heranzuziehen. — Um ein Grundproblem der Raumschiffahrt handelt es sich hier nicht. Wie wir sahen, könnten wir auch bei senkrechtem Abstieg durch den Rückstoß den Fall bremsen, die Raumschiffahrt wäre also auch dann noch grundsätzlich möglich, wenn wir die Erdatmosphäre nicht zu Bremszwecken heranziehen könnten, aber dabei müßte der Apparat vor dem Aufstieg 16—30 mal so groß und so schwer sein, und das kann uns nicht gleichgültig sein bei einer Maschine, die sowieso schon an Größe einem 2—3 stöckigen Haus gleichkommt.

Bei der Bremsung durch Luftwiderstand ist nun allerdings eine Klippe zu umschiffen. Das Raumschiff würde nämlich infolge der Erwärmung in der Luft glühend werden und schmelzen, wenn wir nichts dagegen tun könnten. Sehen wir es doch, daß Tausende von Sternschnuppen am Himmel aufleuchten, bis daß von einer der größten unverbrannte Reste bis zur Erdoberfläche gelangen.

Die Aufgabe, das Raumschiff vor dem Verbrennen zu schützen, ist insofern die schwierigste der ganzen Raumschiffahrt, als uns hier unsere Berechnungen im Stich lassen. Man findet wohl hin und wieder in Lehrbüchern der theoretischen Mechanik oder der Ballistik Erwärmungsberechnungen, diese stimmen aber weder untereinander überein, noch passen sie zu den Beobachtungen, die man an Meteoren machen kann und die auf Temperaturen von 10—30000° C schließen lassen. Wenn man sich diese Berechnungen genau ansieht, so merkt man auch bald, daß die meisten irgendwie von falschen Grundvoraussetzungen ausgehen. Ich werde in meinem Raketenbuch einige Fehler zeigen, die hier gemacht worden sind.

Am sichersten rechnet man noch, wenn man folgendermaßen überlegt: Die kleinsten Teilchen des Körpers, die sogenannten Moleküle, befinden sich bekanntlich nicht in Ruhe, sondern in rascher Bewegung. Die Bewegung ist um so rascher, 1. je wärmer es ist, 2. je leichter die Moleküle sind. — Die Luft erwärmt nun einen kalten Körper dadurch, daß ihre Moleküle mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 3—400 m/sek an den Körper anprallen und dessen Moleküle in Schwingungen versetzen. — Wenn nun ein Körper mit 12 km/sek in die Luft eintritt, so prallen die Luftmoleküle viel heftiger an, sie werden also die Moleküle des Körpers mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von ca. 12 km/sek treffen und danach trachten, sie entsprechend stark zu erschüttern, d. h. also den Körper auf jene Temperatur zu bringen, bei welcher die Luftmoleküle eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 12 km/sek hätten.

Dies wird ihnen indessen nicht völlig gelingen. Ein heißer Körper gibt nämlich seine Wärme durch Strahlung wieder an seine Umgebung ab, er kühlt nur in dem einen Falle durch Strahlung nicht ab, wenn seine Umgebung gerade so warm ist wie er selbst. Nun ist aber die Umgebung des Meteors in Wirklichkeit eiskalt, und es wird daher ganz gewaltige Wärmemengen ausstrahlen. Nun sollte man meinen, daß das Wärmegleichgewicht erreicht ist, wenn die Temperatur des Meteors so hoch gestiegen ist, daß es gerade so viel Wärme durch den Anprall der Luftmoleküle aufnimmt, als es durch die Strahlung wieder verliert. Nun kennt man den Zusammenhang zwischen Temperatur und Strahlung ganz genau [1], ebenso den Zusammenhang zwischen Molekulargeschwindigkeit und Temperatur, und wenn wir beide Ausdrücke einander gleichsetzen, so bekommen wir eine Formel. die, wie man meinen sollte, uns angeben müßte, bis zu welcher Temperatur das Meteor sich erhitzt. Aber wenn wir diese Formel auf die tatsächlichen Beobachtungsergebnisse anwenden wollen, dann finden wir, daß der tatsächliche Wärmeübergang rund 200 mal kleiner sein muß, als wir vorausgesetzt hatten.

Warum wohl? Darauf kann es nur eine einzige Antwort geben: Unsere Rechnung muß irgenwo ein Loch haben. Wir wissen letzten Endes nicht, was die Moleküle und Atome eigentlich sind. Wir wissen nicht, was für Gesetze es sind, die die Elektronen zwingen, im Kreis um den Atomkern zu laufen. Wir haben noch niemals so hohe Temperaturen, wie sie sich aus unserer Formel ergeben

---

[1]) Wir rechnen hier nämlich mit der effektiven Temperatur.

würden, erzeugen können[1]), und wir wissen daher auch nicht, ob die Gesetze, die die Wärmelehre und die Molekularphysik für den Zusammenprall von Molekülen bei Geschwindigkeiten von 100 bis 1000 m/sek aufgestellt hat, nun auch bei 12 oder gar bei 60 km/sek gelten müssen. In der Tat: es können Stücke von den Molekülen freigerissen werden, wodurch sehr viel Wärme verlorengeht, die Gesetze der klassischen Mechanik müssen hier nicht mehr gelten (wie sie ja überhaupt schon für das Bohrsche Atommodell nicht mehr so recht gelten), es ist z. B. möglich, daß das Luftmolekül, welches auf das Eisenmolekül mit 12 km/sek aufprallt, dies überhaupt nicht in entsprechende Bewegung setzt, wir haben ja die umgekehrte Erscheinung bei sehr tiefen Temperaturen beim sogenannten Wärmetod der Körper usw.

Es ginge nun noch, wenn uns die Meteorsteine wenigstens den Gefallen täten, mit 6—15 km/sek in die Erdatmosphäre einzudringen wie unsere Raumschiffe. Dann wüßten wir wenigstens, wie groß bei dieser Geschwindigkeit der rätselhafte Faktor ist, mit dem wir den Wärmeübergang zu multiplizieren haben, und wir könnten mit ihm rechnen, wenn wir auch sein Wesen nicht erkannt haben. Es gibt ja auch noch andere Dinge, die wir nicht begriffen haben, und mit denen wir doch ganz gut rechnen können, ich nenne hier nur unsere alte Schwerkraft. — Nun wissen wir aber leider nur, wie groß dieser Faktor bei 30—70 km/sek ist. Was sollen wir da machen? Einfach sagen: Bei einer halb so großen Geschwindigkeit würde dieser Faktor auch halb so groß sein? Ebenso gut könnte man auch aus dem Umstand, daß ein Ofen heute früh um 6 Uhr 2 Kal/sek abgab, und gestern abend um 6 Uhr 4 Kal/sek, schließen, also hat er um Mitternacht 3 Kal/sek abgegeben.

Wir können also weiter nichts tun, als den aus unserer Berechnung folgenden Wärmeübergang als obere Grenze und den 2—300sten Teil davon als untere Grenze in unsere Rechnung einsetzen. Dieser Wärmeübergang ist nun glücklicherweise trotz der kolossalen Temperaturen, die wir an Meteoren beobachten können, nicht eben bedeutend. Das rührt von der starken Verdünnung der Luft her. Es ist wenig Luft da, die Wärme abgeben könnte,

---

[1]) Soeben ist dies Anderson und Sinclair Smith gelungen. Leider noch nicht in einer Form, daß man dabei die hier aufgerollten Fragen klären könnte.

und daher wird auch wenig Wärme abgegeben. Der Anprall der einzelnen Luftmoleküle ist wohl sehr heftig, aber es prallen zu wenige an, als daß die Erschütterung besonders nachhaltig sein könnte.

Wenn wir nun Kühlstoff sparen wollen (wenn wir nicht Masse sparen wollten, so täten wir ja besser, durch den Rückstoß zu bremsen!), so müssen wir danach trachten, dem Luftstrom hohle, innen angefeuchtete oder mit Eis beschlagene Flächen entgegenzustellen (vgl. Abb. 34). Hier tritt nämlich der entstehende Dampf

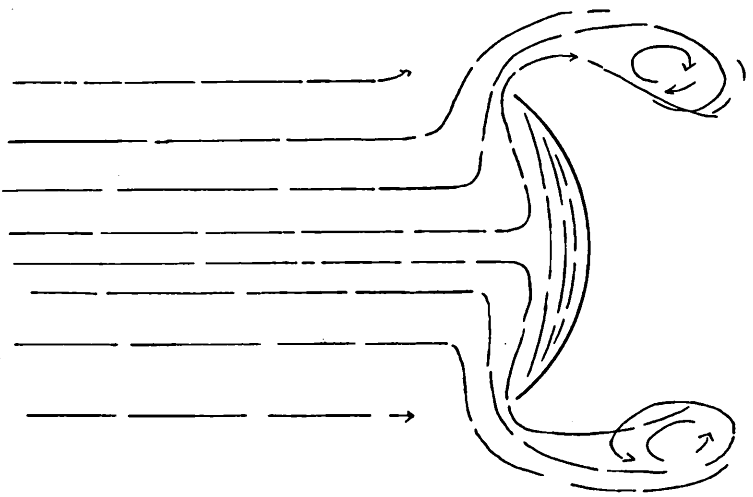


Abb. 34.

zuerst in den Hohlraum der Fläche. Dabei fängt er den Anprall der Luftmoleküle (die andernfalls die Fläche mit voller Kraft treffen würden) auf und schützt demnach die Fläche vor der Erwärmung. Etwas Wärme geht natürlich durch Leitung an die Fläche über und bewirkt, daß mehr vom Eis verdampft und die oberste Dampfschicht zuletzt an den Rändern überfließt. Bis sie aber überfließt, hat sie eine Temperatur bis zu 20000° erreicht. In diesem Falle vielleicht noch bedeutend mehr, weil einatomiger Wasserstoff und Sauerstoff, zu welchem in diesem Falle der Wasserdampf zerfällt, bei derselben Temperatur nicht so viel Wärme ausstrahlen können wie die Stoffe, aus denen ein Meteorstein besteht. Dabei nimmt dieser Dampf pro Kilogramm mindestens 7—8000 Kalorien auf, während der noch darunterliegende Dampf die Fläche selbst vor Wärmeaufnahme gut schützt.

Lassen wir dagegen den Luftstrom wider eine schräg gestellte (womöglich noch konvexe) Metallfläche blasen (vgl. Abb. 35), so wird die isolierende Luft oder Dampfschicht immer wieder weggeblasen. Wenn die Wand nun nicht schmelzen soll, so muß hinter ihr so viel Kühlwasser fließen, daß es die ganze zugeführte Wärme mitnimmt.

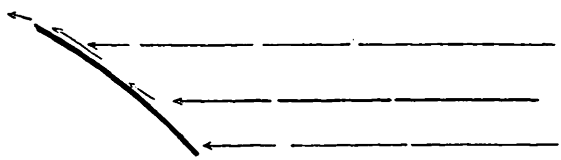


Abb. 35.

Vorausgesetzt ist dabei auch noch, daß der Wärmeübergang nicht so stark ist, daß es überhaupt unmöglich wird, die äußere Fläche der Metallwand unter der Schmelztemperatur zu halten. Das läßt sich natürlich theoretisch nicht entscheiden, wenn die Zahl, die wir für die entstehende Wärme angeben können, 15 mal größer oder kleiner sein kann. — Dies Kühlwasser darf natürlich verdampfen, und den Dampf können wir auch noch am Blech entlang streichen lassen, so warm aber darf er doch nicht werden, daß das Blech schmilzt. Wenn wir ein besonderes hitzefestes Material wählen, dem wir ca. 1500° zumuten dürfen, so können wir rechnen, daß 1 kg mitgenommenes Eis im besten Falle 750 Kalorien wegzutragen vermag. (Ich will hier auch erwähnen, daß Hohmann daran denkt, das Kühlwasser auf die andere Seite der Fläche entlang zu führen, so daß es die aufgenommene Wärme wieder ausstrahlt, ich fürchte nur, daß dabei die Wärmeabgabe für unsere Zwecke zu gering sein wird, schon weil die Wärme hier nur durch Strahlung, nicht aber durch Leitung abgegeben werden kann.) Außerdem wird bei dieser Anordnung der in Wirbelbildung übergeführte Energiebetrag im Vergleich zu der entstehenden Wärmeenergie ein Minimum, während er bei Hohlflächen einen Höchstwert erreicht. Wir werden also danach trachten, dem Luftstrom, wo es nur geht, hohle Flächen entgegenzustellen. Abbildung 36 zeigt uns eine Rakete mit ringförmigem Fallschirm durchschnitten. Die linke Seite zeigt den Apparat, wie er sich dem Auge darstellt, auf der rechten Seite ist der Verlauf der Stromlinie angedeutet. Ich möchte hier noch bemerken, daß ich ein kleines Modell einer Rakete mit ringförmigem Fallschirm aus Draht herstellte und mit Gummistoff bespannte, den ich je nach Bedarf innen oder außen mit angefeuchtetem Löschpapier beklebte.

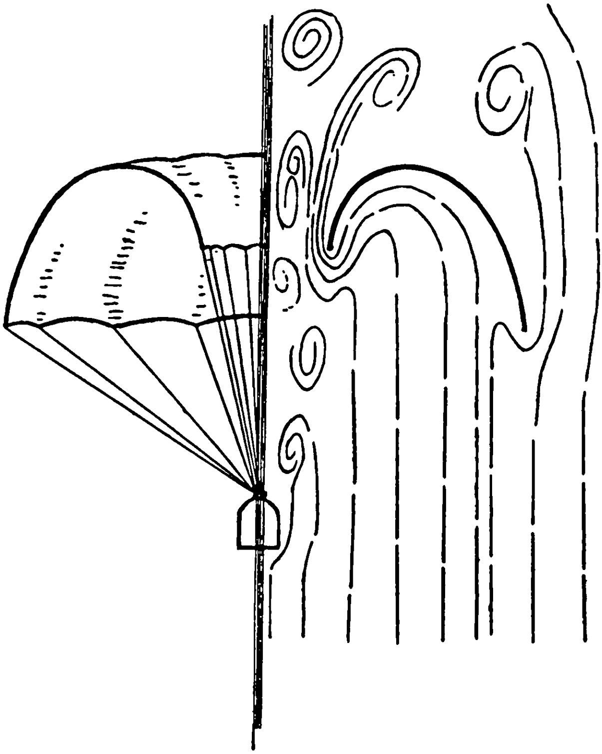


Abb. 36.
Aus Oberth: „Die Rakete zu den Planetenräumen" (Verlag Oldenbourg, München 1923).

Dies Modell hielt ich über die homogene Flamme eines großen Gasbrenners. Während ich es von der konkaven Seite aus über 10 Minuten lang erhitzen konnte, so verbrannte es, von der konvexen Seite aus erhitzt, schon innerhalb einer Minute.

Dies ist nun alles klar, und unbemannte Raketen werden wir stets mit Fallschirm landen lassen. Bei Raumschiffen dagegen möchten die meisten Autoren trotz der hier geäußerten Bedenken eine Landung im Gleitflug möglich machen. Sie wollen das Raumschiff, oder wenigstens den obersten Teil desselben, einem Flugzeug ähnlich bauen und mit Tragflächen versehen und beim wagerechten Eintritt in die Atmosphäre so weit fahren, bis daß ihre Geschwindigkeit totgelaufen ist, worauf sie im Gleitflug niedergehen. Sie haben dazu ihre guten Gründe. Gefährlich ist die Landung mit dem Fallschirm zwar nicht. Die vielfach geäußerten Bedenken, der Fallschirm werde sich unter Umständen nicht ausbreiten, das Raumschiff werde trotz des Fallschirmes zu heftig unten aufschlagen usw., halten einer ernsten Kritik nicht stand. Wir können ja noch während der freien Fahrt durch den Raum einen Raumtaucher hinausschicken, der den Fallschirm in die richtige Lage bringt (vgl. S. 217). Der Niederfallsort läßt sich mit astronomischer Sicherheit früher bestimmen. Wir können es so einrichten, daß wir auf dem Meer in der Nähe eines Hafens landen, die Rakete geht mit der Düse voran nieder, wir können sie 3—400 m über dem Erdboden nochmals in Gang setzen, so daß die letzten m/sek durch den Rückstoß abgebremst werden (dieser Massenverlust wäre nicht der Rede wert). Wir können die Bremsstrecke dadurch vergrößern, daß wir die Fallschirmseile an der einen Seite fester anziehen als an der anderen, dadurch muß ein Auftrieb entstehen, der den ganzen Apparat länger in der Luft hält, usw.

Aber trotzdem bietet ein Fallschirmabstieg außerordentliche Unannehmlichkeiten im Vergleich zu Landungen im Segelflug. (Ich werde in meinem Raketenbuch ausführlich darüber sprechen.)

Ich würde aus dieser Schwierigkeit folgenden Ausweg vorschlagen: Die Schwierigkeiten der Tragflächenlandung (Erwärmung) liegen hauptsächlich oberhalb 8 km/sek. Die Schwierigkeiten der Fallschirmlandung liegen zwischen 8—4 km/sek, sowie bei der Landung selbst. Ich würde nun, ähnlich wie Hohmann, das Raumschiff als Segelflugzeug bauen, es aber gleichzeitig auch mit einem konkaven Fallschirm versehen. Vom Eintritt in die Erdatmosphäre bis zur achten km/sek würde ich den Fallschirm benutzen und ihn dann abwerfen oder einziehen. Wir können nämlich bei 8 km/sek beliebig langdauernde und schwierige Manöver ausführen, weil bei dieser Geschwindigkeit das Raumschiff nichts wiegt. Vom achten km abwärts würde dann die Tragflächenlandung folgen.

Ob das wohl gehen wird? Die Fallschirmlandung geht zunächst sicher. Das können wir auf Grund unserer Berechnungen sagen. Bezüglich der Tragflächenlandung sind wir nicht so glücklich, aber wir können ja Flugzeuge mit Raketenantrieb[1]) immer weiter, immer höher und immer schneller fahren lassen und dabei sehen, wie stark sie sich durch die Reibung an der Luft erwärmen und ob wir dieser Erwärmung Herr werden können. — —

9. Das Synergieproblem

Nach Fertigstellung des Manuskriptes bat mich Herr Ley, auch hierüber etwas mitzuteilen. Ich schreibe diesen Abschnitt nur für den Fachmann, der Laie kann ihn ohne Nachteil überspringen.

„Syn" heißt auf griechisch „Zusammen" und „ergon" heißt das Wirken oder die Arbeit. „Synergie" heißt soviel wie richtige Zusammenarbeit. Ich wähle dies Wort für den Komplex aller jener Untersuchungen, die sich darauf beziehen, wie man es bei gegebener Ausströmungsgeschwindigkeit machen kann, daß die Rakete von der im Treibapparat erzeugten kinetischen Energie möglichst viel erhalte und die Auspuffgase möglichst wenig. (Die Untersuchungen über den Apparat selbst und über die Voraussetzungen für hohe Ausströmungsgeschwindigkeiten gehören also nicht zu diesem Thema.)

Wenn die Richtung des Rückstoßes mit der Fahrtrichtung der Rakete den Winkel α bildet, so beträgt die Komponente des Rückstoßes in der Fahrtrichtung

$$P \cdot \cos \alpha .$$

Bekanntlich dient diese Komponente dazu, die Energie eines bewegten Körpers zu erhöhen, während die Komponente senkrecht dazu ($P \cdot \sin \alpha$) nur die Bewegungsrichtung ändert.

Während des Zeitteilchens dt legt die Rakete den Weg $v \cdot dt$ zurück, und die an der Rakete geleistete Arbeit, die gleich dem virtuellen Energiezuwachs ist (virtuell nenne ich ihn, weil wir hier vom Luftwiderstand absehen), beträgt:

$$dA = P \cdot \cos \alpha \cdot v \cdot dt .$$

Der Substanzverlust dm dagegen ist

$$dm = \frac{P \cdot dt}{c} .$$

Wenn wir dA durch dm dividieren, so bekommen wir das Verhältnis zwischen dem erkauften Energiezuwachs und der verausgabten Masse. Es ist:

$$\frac{dA}{dm} = c \cdot \cos \alpha \cdot v .$$

Diese Formel ist für die Raketentheorie lehrreich, denn es ist ja unser Bestreben, möglichst wenig Masse abzustoßen und möglichst hohe Geschwindigkeiten zu erzielen.

1. Der Faktor c in dieser Formel bedeutet weiter nichts, als daß die Rakete beim Ausstoßen derselben Treibstoffmenge einen größeren Energiezuwachs erfährt, wenn die Treibstoffe schneller ausströmen. Das wissen wir schon, aber wir

---

[1]) Vgl. hierzu den von Hoefftschen Aufsatz.

sehen aus dieser Formel, daß der Energiezuwachs der Rakete nicht ausschließlich von der Ausströmungsgeschwindigkeit abhängt und daß wir daher noch nicht alles getan haben, wenn wir die Ausströmungsgeschwindigkeit so hoch als möglich hinaufgetrieben haben.

2. Der Faktor $\cos \alpha$ wird dann ein Maximum, wenn $\alpha = 0$ wird, es ist also nach Möglichkeit anzustreben, daß der Rückstoß in der Bewegungsrichtung wirke. Ich schrieb absichtlich „nach Möglichkeit“, denn die zweckmäßige Führung hängt auch nicht von diesem Umstande allein ab.

3. Interessant ist der Faktor v. Er sagt uns: Der Energiezuwachs ist unter sonst gleichen Umständen um so größer, je schneller die Rakete schon fährt. Es ergibt sich daraus eine Forderung, die ich so ausdrücken möchte: Wir sollen nach schneller Geschwindigkeit der brennenden Rakete streben. Ich will an einigen Beispielen zeigen, was das bedeutet:

a) Ob ich einen Körper im Laufe von Jahren aus dem Anziehungsbereich der Erde herausheben würde oder ob ich ihm im Laufe von Minuten eine Geschwindigkeit erteile, die ihn aus dem Anziehungsbereich der Erde herausschleudert, das ist vom Standpunkt der Erhaltung der Energie betrachtet ganz gleichgültig. In einem wie im anderen Fall muß ich ihm 6370000 Mkg pro kg erteilen. Steigt dagegen eine Rakete mit konstanter Geschwindigkeit oder geringer Beschleunigung auf, und benutzt sie den Rückstoß nur dazu, die Erdschwere zu kompensieren, so braucht sie unvergleichlich mehr Brennsotff, als wenn sie rasch eine Geschwindigkeit zu erreichen trachtet, unter deren Einfluß sie dann, ähnlich wie eine abgeschossene Kugel, ohne weitere Brennstoffabgabe weiterfliegt. Im letzteren Falle hat sie nämlich bei höherer Geschwindigkeit gebrannt.

b) Aus der Forderung nach schneller Fahrt während des Brennens ergibt sich weiter die Forderung nach schrägliegenden Bahnkurven von Raumschiffen, bei denen der Andruck einen Höchstwert nicht überschreiten darf. In diesem Falle kommt nämlich der tatsächlichen Beschleunigung ein größerer Anteil der virtuellen Beschleunigung zugute, so daß die Geschwindigkeit rascher wächst. Weiter liegt der Punkt, an welchem der Antrieb aufhören kann, tiefer, die Rakete brennt also zuletzt bei höherer Geschwindigkeit.

c) Aus der Forderung nach schneller Fahrt während des Brennens ergibt sich die Forderung nach Benutzung der Erdrotation oder die Forderung einer Bahnneigung gegen Osten, weil hierbei zur Geschwindigkeit der Rakete noch die Rotationsgeschwindigkeit der Erde hinzutritt, wodurch der Wirkungsgrad der ausgestoßenen Brennstoffe besonders anfangs ganz wesentlich verbessert wird.

d) Aus der Forderung nach schneller Fahrt während des Brennens ergibt sich endlich auch eine Forderung, die ich die Forderung nach der „Zusammenlegung der Stöße“ nennen möchte. Hier ein Beispiel dafür: Hohmann beschreibt in diesem Buch eine Reise zum Mars folgendermaßen: Das Raumschiff soll zunächst mit nahezu parabolischer Geschwindigkeit aufsteigen, so daß es in 800000 km Höhe ungefähr zum Stehen kommt. Hier befindet es sich praktisch nicht mehr im Anziehungsbereich der Erde und hat in bezug auf die Sonne noch dieselbe seitliche Bewegung wie die Erde, nämlich 29,7 km/sek. Um das

Raumschiff nun in die Entfernung des Mars von der Sonne zu bringen, braucht es einen neuerlichen Antrieb. Er ist nach den Untersuchungen Hohmanns dann am kleinsten, wenn er gerade in der Bewegungsrichtung erfolgt und so groß ist, daß das Raumschiff infolge der Geschwindigkeitszunahme eine Ellipse beschreibt (wie ein selbständiger Komet, Hohmann schreibt deshalb auch von „Kometenfahrt"), deren Perihel die Erdbahn und deren Aphel die Marsbahn berührt. Dieser Antrieb muß nun 3 km/sek betragen. Endlich muß das Raumschiff noch für 320 m/sek Brennstoffe ausstoßen, um eine durch die Erde nachträglich hervorgerufene Bahnstörung auszugleichen. Der ideale Antrieb während dieser Fahrt wäre also (wenn man annimmt, daß der erste Antrieb 12 km/sek erfordert) 15 320 m/sek.

Ich verkenne nun keineswegs, daß dieser klare und einfache Ansatz im Verein mit den eleganten und leicht verständlichen Durchrechnungen dies Kapitel (zumal für den Dilettanten) wertvoll macht. Aber wie Hohmann schließlich selbst ganz richtig sagt, wird ein geschickter Raketenführer nicht dreimal hintereinander bei verhältnismäßig geringer Geschwindigkeit Gas geben, sondern er wird sein Ziel mit einem einmaligen Antrieb zu erreichen suchen, damit der Antrieb bei höherer Geschwindigkeit erfolgt. Wenn nämlich mehrere Energiewirkungen da sind und wenn wir unser Ziel bei einem einmaligen Stoß erreichen können, so summieren sich nicht die Geschwindigkeiten selbst, sondern nur die Energiewerte. Vgl. hierzu auch den Aufsatz v. Pirquet. Ist nämlich die Anfangsgeschwindigkeit der Rakete v, so ist ihre Anfangsenergie (bezogen auf die Einheit der Endmasse)

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot v_1^2 .$$

Tritt eine zweite Energiewirkung E_2 hinzu, die der r u h e n d e n Rakete eine Geschwindigkeit v_2 erteilen würde, so ist offenbar

$$E_2 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 .$$

Tritt hierzu noch eine dritte und vierte usw.

$$E_3 = \frac{1}{2} \cdot v_3^2 ,$$

$$E_4 = \frac{1}{2} \cdot v_4^2 \text{ usw.},$$

so ist die R e s t e n e r g i e der Rakete offenbar

$$Er = \frac{1}{2} \cdot (v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \cdots);$$

ihre Restgeschwindigkeit v_r wird dadurch gegeben sein, daß

$$Er = \frac{1}{2} \cdot v_r^2;$$

daraus folgt dann

$$v_r = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \cdots} < v_1 + v_2 + v_3^2 \cdots$$

In diesem Fall summieren sich also die Geschwindigkeiten nach Maßgabe des pythagoreischen Lehrsatzes. Dies gilt aber natürlich nur, wenn wir es mit

Energieeinwirkungen zu tun haben, die von der Geschwindigkeit des bewegten Körpers unabhängig sind, wie z. B. die an einem Körper in irgendwelchen Schwerefeldern geleistete Hubarbeit. Ein geschickter Raumfahrer wird seine Rakete also nur ein einziges Mal brennen lassen, bis daß sie mit 11 600 m/sek fährt. Der kleine Überschuß über die parabolische Geschwindigkeit genügt schon, daß sie außerhalb des Schwerefeldes die erforderliche Geschwindigkeit von 3000 m/sek behält, welche sie bis zum Mars treibt und außerdem auch noch zur Korrektur der erwähnten Bahnstörung ausreicht. Der ideale Antrieb wird in diesem Falle 12 400 m/sek betragen. Das Massenverhältnis muß dann nur gegen 60% des von Hohmann errechneten ausmachen.

Leser, denen die energetische Betrachtungsweise von Raumfahrtproblemen nicht liegt, oder die den energetischen Betrachtungen wenigstens keine Beweiskraft zuerkennen, können sich die Sache auch folgendermaßen klarmachen:

Wenn α die Neigung der Bahnkurve zur Senkrechten und g die Fallbeschleunigung ist, so entzieht die Erdschwere dem Raumschiff in jeder Sekunde die Geschwindigkeit $g \sin \alpha$. Wenn nun das Raumschiff schneller durch das Schwerefeld der Erde fährt, so hat die Erdanziehung offenbar nicht so lange Zeit, es aufzuhalten, und sie entzieht ihm mithin im ganzen nur einen geringeren Geschwindigkeitsbetrag.

Hohmann macht gegen diese Zusammenlegung der Stöße allerdings geltend, daß dabei die Zielsicherheit bedeutend abnehmen müsse. Dies glaube ich auch. Ich glaube sogar, es wird einem Menschen überhaupt nicht möglich sein, das Raumschiff während des Brennens so genau zu steuern, daß es nachher einen fremden Planeten ohne weitere Richtschüsse in der vorgesehenen Weise trifft. Ich hoffe jedoch, daß die von mir vorgeschlagenen automatischen Steuerungsmechanismen (Andrucks- und Geschwindigkeitsmesser, Kreiselkompasse und automatische Verbrennungsregulatoren) das Raumschiff während des Aufstieges ohne Zutun des Führers hinreichend genau führen werden.

Anm.: Aus diesen Ausführungen erkennt man unter anderem auch, wie unlogisch es ist, bei einer Rakete nach der Energieleistung oder nach den Pferdestärken zu fragen. Wenn nämlich ein Motor beispielsweise 10 PS leistet, dann leistet er eben 10 PS, wenn er richtig geht, gleichviel ob er nun irgendwo fest aufmontiert ist, oder ob er sich auf einem Fahrzeug befindet. Er leistet des weiteren 10 PS, ob sich das Fahrzeug nun geradlinig oder im Zickzack bewegt. Bei der Rakete erscheint die Energieleistung dagegen von der Größe und Richtung der Bewegung ($v \cdot \cos \alpha$) durchaus abhängig und kann bei der nämlichen Tätigkeit des Treibapparates je nach dem Bewegungszustand der Rakete zwischen dem Wert 0 und Millionen von Pferdestärken variieren. Das Raketenproblem ist eben — wie von Hoefft an anderer Stelle dieses Buches sagt — ein Stoßproblem und nicht ein Arbeitsproblem.

Betriebsstoffe der Raumschiffe

Von Dr. Franz v. Hoefft

In der Atmosphäre bewegen sich die Luftfahrzeuge, indem sie die Luft z. B. durch Luftschrauben nach hinten werfen und durch die Reaktion des erzeugten Luftstroms sich nach vorn bewegen. Der Weltraum ist nach Einstein mit gar nichts, nach der noch immer allgemeineren Annahme nur mit Weltäther gefüllt. Da der Weltäther aber schon nach seiner Definition alles durchdringt, ist es nicht möglich, ihn mit Ätherschrauben in derselben Weise wie die Luft zurückzuwerfen, wie man sich sofort klarmachen kann, wenn man sich denkt, daß die Schrauben auch von Luft reibungslos zu durchdringen wären, worauf ihr Effekt offenbar auf Null zurückgehen müßte. Es muß daher ein Prinzip der Fortbewegung zur Anwendung kommen, das vom Medium, in dem die Bewegung vor sich geht, unabhängig ist. Dieses Prinzip ist die Reaktionswirkung abgestoßener Massen, die vorher mitgeführt wurden, nach dem Impulssatz Newtons, worüber an anderer Stelle dieses Buches ausführlich gesprochen wird. Um auch Laien ein Verständnis zu ermöglichen, das hinreicht, alle gebrachten Beweise zu würdigen, ist ein kleiner Exkurs zu den Grundlagen von Chemie und Physik und besonders der physikalischen Chemie erforderlich.

Was wir zum Vortrieb nach dem Impulssatz brauchen, ist eine möglichst große Geschwindigkeit der abgestoßenen Massen. Nun ist das Quadrat der Geschwindigkeit mal der halben Masse $\frac{m \cdot v^2}{2}$ die lebendige Kraft, der Arbeits- oder Energieinhalt. Es würde hier zu weit führen, die Ableitung dieser Formel, die in jedem elementaren Lehrbuch enthalten ist, zu geben. Seit den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts wissen wir nun besonders durch die Arbeiten der deutschen Forscher Mayer und Helmholtz, daß die Energie zwar in den verschiedenen Formen Licht, Wärme, Elektrizität als mechanische, chemische Energie auftreten kann, daß sie aber dabei immer die gleiche bleibt, so daß z. B. einem bestimmten Quantum Wärme immer dasselbe Quantum mechanischer oder chemischer Energie entspricht. Die Forderung nach der größten Abstoßungs- oder Auspuffgeschwindigkeit verwandelt sich daher in eine solche nach der größtmöglichen Energie zunächst in der mechanischen Form der lebendigen Kraft $\frac{m \cdot v^2}{2}$. Wie wir aber oben gelernt haben, bedeutet das auch eine entsprechende Menge Wärme- oder chemische Energie, und zwar messen wir mechanische Energie in Meterkilogramm (mkg), d. h. derjenige Arbeitsaufwand, der erforderlich ist, um ein Kilogramm um einen Meter gegen die Anziehung der normalen Schwerkraft an der Erdoberfläche zu heben. Die Wärme messen wir nach Kalorien, das bedeutet diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um einen Liter oder ein Kilogramm Wasser um einen Grad Celsius zu erwärmen. Da die chemische Energie meist im Kalorimeter als Wärme bestimmt wird, benutzt man als Maß für sie gleichfalls die Kalorie. Das Berthelotsche Kalorimeter ist ein Apparat, in dem die Wärmezunahme einer genau gewogenen Menge Substanz, welche in einem Stahlzylinder mit komprimiertem Sauerstoff eingeschlossen und elektrisch gezündet wurde, von einem umgebenden Wassermantel aufgenommen und als Erhöhung der Wassertemperatur gemessen wird. Nach obiger Definition der Kalorie ergibt sich daraus die Rechnung: Die chemische Energie, welche bei der Verbrennung oder Verpuffung, also der Verbindung mit Sauerstoff frei geworden, ist, wie man sagt, die Wärmetönung der Reaktion. Die Kalorienmenge läßt sich aber nach dem 1. Energiesatz von Mayer und Helmholtz, der besagt, daß die Energie nur in andere Form überführt, aber weder erzeugt noch vernichtet werden kann, und nach sehr sorgfältigen Experimenten in das mechanische Maß mkg umrechnen, und zwar ist eine große (Kilogramm-) Kalorie (Cal) gleich 427 mkg. Nehmen wir also an, wir hätten 1 g Substanz im Berthelotschen Kalorimeter verbrannt und finden jetzt aus der Erhöhung der Wassertemperatur 8 Cal, so können wir schließen, daß 1 kg dieser Substanz etwa 8000 Cal bei der Verbindung mit Sauerstoff frei macht, was etwa dem Werte guter Kohle entspricht. Dies können wir aber in mechanische Energie umrechnen, indem wir einfach mit der oben gegebenen Zahl 427 multiplizieren. Ein Kilo Kohle kann daher $427 \cdot 8000 = 3\,416\,000$ mkg Arbeit leisten, d. h. sich gegen eine Kraft, welche der Schwerkraft an der Erdoberfläche entspricht, auf 3416000 m heben. Nun nimmt aber die Schwerkraft im quadratischen Verhältnis des Abstandes vom Erdmittelpunkt ab, und weitere Voraussetzung ist, daß sich das Kilogramm Kohle an einer reibungs- und gewichtslosen Vorrichtung aufzieht, z. B. einer derartigen Seilbahn. Obige Rechnung ergibt einerseits einen zu kleinen Wert wegen der Schwereabnahme mit der Höhe, andrerseits einen oberen Grenzwert, denn reibungs- und gewichtslose Vorrichtungen sind praktisch nicht herstellbar. Vor allem ist aber so ein Aufzug im Weltraum nicht vorhanden und auch nicht herstellbar. Weiter müssen wir berücksichtigen, daß wir angenommen haben, daß die Energie, welche die Hebung durchführt, dadurch gewonnen wird, daß das Kilogramm Kohle verbrennt, also sich mit Sauerstoff verbindet. Das Kilogramm Kohle (C) ist also gar nicht mehr vorhanden, wenn es oben ankommen soll, sondern, wie wir später lernen werden, $\frac{44}{12}$ kg Kohlendioxyd (CO_2). Während man also in der Berthelotschen Bombe den Sauerstoff so wenig berücksichtigt als bei den gewöhnlichen Verbrennungen, da er aus der praktisch unerschöpflichen Atmosphäre der Erde genommen wird bezw. aus der Gasflasche zuströmt, müssen wir bei einem Vorstoß in den leeren Raum den Sauerstoff mitnehmen. Unsere Rechnung müßten wir also so abändern, daß wir sagen, wir haben ein Quantum von 1 kg (Kohle + Sauerstoff), das zum Schluß sich in 1 kg Kohlendioxyd verwandelt. Nun muß nach den stöchiometrischen Gesetzen, die wir gleich etwas näher kennen lernen werden, in diesem Kilogramm Kohle und Sauerstoff in demselben Verhältnis wie im Kohlendioxyd enthalten sein, nämlich 12 Teile Kohle + 32 Teile Sauerstoff ergeben 44 Teile Kohlendioxyd, oft auch Kohlensäure (eigentlich fälschlich, denn es ist nur das Radikal) genannt. Wir haben daher statt 1 kg nur $\frac{12}{44}$ kg Kohle im Anfangsgemisch von 1 kg, und die Wärmetonung ermäßigt sich daher im selben Verhältnis auf $\frac{12}{44} \times 8000$ Cal, ebenso der mechanische oder Arbeits- oder Energieinhalt von 3416 km auf $\frac{12}{44} \times 3416$ km möglicher Hubhöhe, d. h. wir haben an Kalorieninhalt etwas über ein Viertel = 2000 Cal und an Hubhöhe ebenso nur ein Viertel = 900 km zur Verfügung. Dies ist nun gerade der Fall der Rakete, welche sich den zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff entweder in Form von Verbindungen, welche ihn leicht abgeben, oder in flüssiger Form als Element mitnehmen muß. Um aber die Notwendigkeit der Gewichtsverhältnisse zwingend einzusehen, ist ein kleiner Exkurs zu den Grundlagen der Chemie unerläßlich.

Man hatte bald heraus, daß bei einer Verbindung zweier Elemente, wie man die chemisch nicht mehr zerlegbaren Stoffe nannte, wie Kohlenstoff und Sauerstoff, immer ganz bestimmte Mengen erforderlich waren, sollten sie gerade aufgebraucht werden. Nahm man z. B. weniger Kohlenstoff, als dem Verhältnis entsprach, blieb ein Rest von Sauerstoff, nahm man zu viel Kohlenstoff, so blieb von diesem unverändert etwas zurück, oder es bildete sich ein Gas, das sich deutlich von dem Kohlendioxyd, wie es bei vollkommener Verbrennung entsteht, unterschied, das Kohlenoxyd. Es schien daher, daß sich Sauerstoff und Kohlenstoff bloß in zwei Stufen verbinden können. Da sich bei der vollständigen Verbrennung von Wasserstoff (H) zeigte, daß auf zwei Volumteile Wasserstoff ein Teil Sauerstoff entfällt, nannte man den Sauerstoff zweiwertig, und da sich im Kohlendioxyd zwei Teile Sauerstoff mit einem Teile Kohlenstoff verbinden, den letzteren in diesem Fall vierwertig, im Falle des Kohlenmonoxyds (CO), wo nur ein Teil Kohlenstoff mit einem Teil Sauerstoff sich verbindet, zweiwertig. Man stellte sich nun vor, daß dieses Verhalten davon herrührt, daß ein bestimmtes Gewicht eines bestimmten Stoffes auch stets in eine bestimmte Zahl gleich großer winziger Teilchen zerfällt, der Atome. Atom, von *ἄτομος*, auf griechisch unteilbar, da man glaubte, damit an der letzten Grenze der Teilbarkeit angelangt zu sein, was sich auch von chemischen Mitteln bewährte, während mit physikalischen Methoden die Atome der Elemente, deren jedem ein bestimmtes Gewicht zugeschrieben wird und das man mit den lateinischen Anfangsbuchstaben bezeichnet (z. B. O = Oxygenium = Sauerstoff = 16), noch in gemeinsame Bausteine, die Protonen, d. h. die einfach positiv geladenen Wasserstoffatome oder Ionen, und Elektronen geteilt werden können. Man sieht daraus auch, daß es Revolutionen in der Naturwissenschaft nicht gibt, sondern nur ein Aufbauen auf den Vorgängern und Korrekturen. So wenig der Nachweis der Atome die Molekularhypothese umstürzt, so wenig kann der Umstand, daß die Atome weiter teilbar sind, die Atomhypothese erschüttern, wenigstens soweit sie sich darauf bezieht, daß jeder Stoff aus untereinander gleichen kleinsten chemischen Teilchen besteht. Wir haben ja zudem jetzt in der Nebel- und der Szintillationsmethode ebenso wie in der Kristallbeugung der Röntgenstrahlen oder in der Ultramikroskopie Mittel, diese kleinsten Teile wirklich zu sehen. Diese Atome treten nun nach dem Maße ihrer Wertigkeit und ihrer Affinität oder chemischen Verwandtschaft zu größeren Komplexen, den Molekülen, zusammen, z. B. ein Atom Kohlenstoff (C) mit einem Molekül (ist gleich Doppelatom) Sauerstoff (O_2) zu einem Molekül Kohlendioxyd (CO_2). Jedermann wird jetzt die chemische Gleichung verstehen: $C + O_2 = CO_2$. Diese Symbole bedeuten aber nicht nur Atome, sondern auch Gewichtsverhältnisse, wie schon erwähnt, also $(C = 12) + (O_2 = 2 \times 16) = (CO_2 = 44)$. Diese Gewichtsverhältnisse beziehen sich auf das leichteste Atom, den Wasserstoff = Hydrogenium = H = 1, dem man das Gewicht eins zuschreibt. Nehmen wir jetzt einen anderen Fall, z. B. ein Molekül Sumpfgas oder Methan, CH_4, bestehend aus einem Atom Kohlenstoff (C) und vier Atomen Wasserstoff (H_4), soll sich mit Sauerstoff vollständig verbinden oder verbrennen. Das Kohlenstoffatom nenne ich vierwertig, weil es vier Atome Wasserstoff zur Absättigung gebraucht, das Sauerstoffatom dagegen zweiwertig, weil es zur Absättigung nur zweier Atome Wasserstoff bedarf, wie sich aus der Gleichung ablesen läßt: zwei Atome Wasserstoff ($= H_2$) plus ein Atom Sauerstoff ($= O$) ergeben bei der Verbindung ein Molekül Wasser ($= H_2O$). Für das vierwertige Atom C brauche ich daher zwei zweiwertige Atome Sauerstoff zur Verbindung Kohlendioxyd, CO_2, für die vier Atome Wasserstoff zwei Atome Sauerstoff zur Verbindung $2\,H_2O$, das sind zwei Moleküle Wasser. Die Gleichung muß daher lauten: $CH_4 + 2\,O_2 = CO_2 + 2\,H_2O$. Wir können also die Gleichungen für alle Triebstoffe, welche für die Rakete in Betracht kommen, aufstellen, z. B. hat Äthylalkohol oder absoluter Spiritus die Formel C_2H_5OH. Nach dem vorhin Gelernten brauchen wir zur Verbrennung der 2 C 4 O, für die 6 H 3 O, in Summa 7 O. Davon müssen wir aber den einen im Alkohol schon vorhandenen O abziehen und müssen daher noch 6 O zugeben. Die Gleichung lautet somit $C_2H_5OH + 3\,O_2 = 2\,CO_2 + 3\,H_2O$ oder in Gewichtszahlen $(2 \times 12) + (5 \times 1) + 16 + 1\,[= 46] + (3 \times 2 \times 16)\,[= 96] = (2 \times 12) + (2 \times 2 \times 16)\,[= 88] + (3 \times 2 \times 1) + (3 \times 16)\,[= 54]$. Rechnet man zur Kontrolle nach, findet man auf beiden Seiten 142, die Gleichung ist daher richtig. Ein zweites Beispiel: 2 Moleküle Wasserstoff + 1 Molekül Sauerstoff gibt 2 Moleküle Wasser, $2 H_2 + O_2 = 2 HO_2$ oder $4 + 32 = 36$. Wir können daher für jeden Brennstoff die nötige Sauerstoffmenge und damit die sämtlichen Gewichtsverhältnisse berechnen. Da die Wärmetönung dieser Reaktionen aus vielen Bestimmungen im Kalorimeter gleichfalls bekannt ist, können wir auch sagen, welche Körper die größte Energie bei kleinstem Gewicht ergeben und daher, wenn auch alle andern Bedingungen zutreffen, als Triebstoff für die Rakete zu wählen sind. Es ergibt sich sofort, daß die Reaktion von Sauerstoff und Wasserstoff im Verhältnis 1 Atom Sauerstoff zu 2 Atomen Wasserstoff, das Knallgas, bei seiner Verbindung zu Wasser die größte Energie abgibt. Da sich im Kalorimeter der gebildete Wasserdampf kondensiert, da ja der Genauigkeit wegen, welche bei sehr großer Erhitzung durch Wärmeverluste an die kältere Umgebung unerreichbar wäre, nur Erhöhungen von einigen Graden über Zimmertemperatur zugelassen werden, erhalten wir die Wärmetönung, bezogen auf flüssiges Wasser. Dies bedingt allerdings, daß man auf eine sehr große Menge Wasser eine verhältnismäßig kleine Probe der zu untersuchenden Substanz nimmt, was weiter die Verwendung von Thermometern erfordert, die noch Tausendstel Grad abzulesen gestatten, um die kleine Änderung der Wassertemperatur genügend genau zu verfolgen. Da aus der Düse das Reaktionsprodukt aber als überhitzter Wasserdampf wenigstens zum größten Teil ausströmt, braucht man wieder eine Korrektur, nämlich die Verbrennungswärme in bezug auf Dampf dieser bestimmten Temperatur.

Die rauchlosen Pulver gehören ebenfalls in diese Kategorie, sie bestehen meist aus Nitroglyzerin und Nitrozellulose, d. h. aus Glyzerin oder Zellulose, die man nitriert hat, was die Verbindung mit dem Nitrorest der Salpetersäure NO_3 bedeutet. Die Nitrierung hat nur den Zweck, den Sauerstoff, der zur Verbrennung des Glyzerins oder der Zellulose erforderlich ist, in das Molekül hineinzubringen, wozu die Nitrogruppe sehr geeignet ist, da das Atom Stickstoff (N), verbunden mit 3 Atomen Sauerstoff (O) eine endotherme Verbindung bildet, d. h. sie zerfällt sehr leicht unter Wärmeabgabe in Stickstoff und Sauerstoff. Sowohl Zellulose als Glyzerin sind verwandt mit Äthylalkohol, so daß sich nur der Unterschied ergibt, daß in ihrer Explosions- oder Verbrennungsgleichung auf ihrer linken Seite der Sauerstoff schon im Molekül enthalten ist und es sich nicht um eine

Zufügung von Sauerstoff, sondern um eine innere Umgruppierung handelt. Die Formel der Zellulose ist $(C_6H_{10}O_5)n$, wobei n eine nicht genau bekannte, sehr große Zahl bedeutet. Tetranitrozellulose, d. h. eine 4 Nitrogruppen enthaltende Zellulose hatte daher die bei der Explosion oder plötzlichen Verbrennung folgendermaßen zerfallende Formel $(C_6H_{10}O_5)n(NO_3)_4 = aCO_2 + bCO + cH_2O + n4N$, wobei a, b, c dem n entsprechende Zahlen bedeuten. Das CO oder Kohlenoxyd entsteht dabei infolge von Mangel an Sauerstoff durch unvollständige Verbrennung. Die Auspuffgase sind daher sehr ähnlich den bei der Alkoholverbrennung entstehenden bis auf den Stickstoff (N), der nur einen Ballast bildet, und das Kohlenoxyd, das bei vollständiger Verbrennung nicht entsteht, was man durchgründliche Beimischung von Sauerstoff stets erreichen kann.

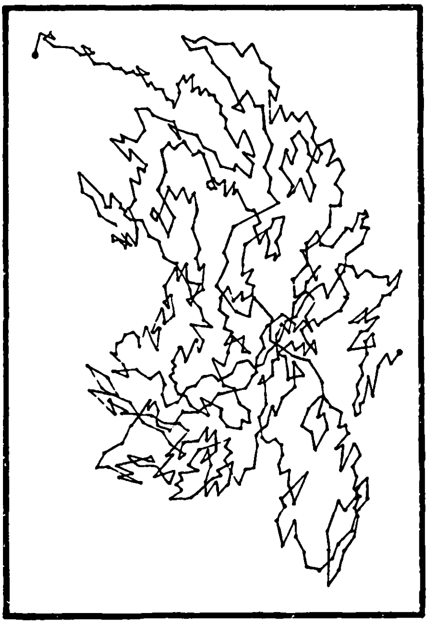


Abb. 37.
Brownsche Bewegung.
Die Zickzacklinie stellt die Bahn eines Kolloidteilchens, wie sie im Mikroskop beobachtet wurde, dar. Die Annahme der kinetischen Gastheorie, daß die Gasmoleküle in dieser Weise durcheinanderwirbeln, ist damit ad oculos bewiesen.

Nehmen wir Benzol, so haben wir die Formel
$C_6H_6 + 7^1/_2O_2 = 6\,CO_2 + 3\,H_2O$.

Benzin ist ein Gemisch von homologen Kohlenwasserstoffen, hauptsächlich der Reihe C_nH_{2n} und C_nH_{2n+2}. Die Verbrennungsgleichung lautet daher im Mittel: $C_8H_{18} + 25O = 8\,CO_2 + 9H_2O$. Eine Erscheinung müssen wir noch betrachten, welche eine Rolle besonders bei der Verbrennung bei hohen Temperaturen spielt, die Dissoziation. So nennt man die Tatsache, daß sich Verbindungen bei hohen Temperaturen wieder zersetzen. So zerfällt zum Beispiel Wasserdampf (H_2O) bei steigenden Temperaturen in wachsendem Maße nach der Gleichung $2H_2O = 2H_2 + O_2$. Bei weiter steigender Temperatur zerfällt auch zunehmend das Molekül in zwei Atome H, ebenso das

Molekül O_2 in 2 O, bis bei der Sonnentemperatur von 5000 Grad so ziemlich jede Bindung zwischen den Atomen sich löst. Diese Eigenschaft wird durch die kinetische Gastheorie sehr gut erklärt. Diese Theorie ist durch die vielen Bestätigungen und besonders schön durch die Sichtbarmachung der Brownschen Bewegung (Abb. 37), d. h. dem Durcheinanderhüpfen der Kolloidteilchen, welche das Ultramikroskop zeigt und welche genau dem entspricht, was die Theorie schon vorher gefordert hatte, aus einer Hypothese ein sicherer Besitz geworden. Sie besagt, daß die Wärme nichts anderes als eine Bewegung der kleinsten chemischen Teilchen, der Moleküle und Atome, ist, die bei steigender Temperatur immer stürmischer wird. So ist es denn leicht begreiflich, daß es gewisse Temperaturgrenzen gibt, wo diese Bewegung so stark wird, daß die Anziehungskräfte überwunden werden und die einzelnen Atome, die sich zu Molekülen vereinigt haben, auseinanderfahren, wie etwa eine Gummischnur zerreißt, wenn wir eine Kugel daran gar zu schnell herumschwingen. Dies ist nun insofern sehr wichtig, als bei der Rakete unzweifelhaft eine sehr hohe Temperatur im Verbrennungsraum herrschen wird und jedes Prozent der reagierenden Stoffe, das nicht zur Verbindung gelangt, toten Ballast bedeutet. Solche Dissoziationskurven sind aber in weiterem Bereich gemessen, und eine gewisse Strecke ist wohl auch das Extrapolieren erlaubt, so daß wir rechnerisch diese Verhältnisse bei der Rakete auf einige Prozent genau beherrschen.

a) Wasserdampf H_2O

Temperatur °C	$P = 10$ Atm. %	$P_1 = 1$ Atm. %
1000	$1{,}39 \cdot 10^{-5}$	$3{,}00 \cdot 10^{-5}$
1500	$1{,}03 \cdot 10^{-2}$	$2{,}21 \cdot 10^{-2}$
2000	0,273	0,588
2500	1,98	3,98

b) Kohlensäure CO_2

Temperatur °C	$P = 10$ Atm. %	$P_1 = 1$ Atm. %
1000	$7{,}31 \cdot 10^{-6}$	$1{,}58 \cdot 10^{-5}$
1500	$1{,}88 \cdot 10^{-2}$	$4{,}06 \cdot 10^{-2}$
2000	0,818	1,77
2500	7,08	15,8

Man sollte glauben, die besten Resultate an Energie und damit auch an Auspuffgeschwindigkeit bei der stöchiometrisch richtigen Mischung von zwei Volumen H_2 auf ein Volum O_2 zu erhalten. Dies ist aber aus zwei Gründen nicht der Fall. Erstens wegen der Dissoziation, welche man nach dem Grundgesetze der theoretischen Chemie, dem Massenwirkungsgesetz, dadurch stark zurückdrängen kann, daß man den einen Partner der Reaktion in starkem Überschuß beisetzt. Und zweitens, weil nach den Gasgesetzen die Molekular- und damit auch die Auspuffgeschwindigkeit der Quadratwurzel aus dem spezifischen Gewicht, bei Gasen also auch dem Molekulargewicht umgekehrt proportional ist. Wasserstoff hat das Molekulargewicht 2, Sauerstoff 32, sie verhalten sich daher wie 1 : 16, die Molekular- und Auspuffgeschwindigkeiten daher wie $\sqrt{1} : \sqrt{16} = 1:4$! Durch starken Wasserstoffüberschuß gelingt es also, nicht nur die Dissoziation praktisch zurückzudrängen, sondern auch den Durchschnitt des Molekulargewichts so herabzudrücken, daß ein wesentliches Ansteigen der Auspuffgeschwindigkeit stattfindet. Über die Bedeutung des Wachsens der letzteren ist ja wohl schon genügend gesprochen. Geschieht die Beimengung eines Dissoziationsproduktes unter Volumzunahme, so bewirkt dieser Umstand für sich Dissoziationszunahme; je nach den speziellen Verhältnissen kann dann in Summa eine Zu- oder Abnahme erfolgen.

Außer der Temperatur ist auch der Druck von großem Einfluß, und zwar im Sinne der Chatelierschen Regel vom Widerstand gegen den Zwang, d. h. da dissoziierte Gase größeren Raum einnehmen, treten sie, wenn man ihren Druck durch Raumverkleinerung steigert, wieder zusammen. Man hat es also in der Hand, durch Variation des Druckes auf die Dissoziation Einfluß zu nehmen, ebenso wie durch Veränderung der Temperatur. Eine Temperaturveränderung ist auf dreierlei Weise zu erzielen. 1. Durch Beimischung eines neutralen Stoffes, z. B. Stickstoff, lassen sich die Gase gewissermaßen verdünnen, was ein Sinken der Temperatur mit sich bringt. 2. Durch Wahl von Brennstoffen, welche keine so hohe Temperatur ergeben, und 3. schließlich auch durch Veränderung des Drucks, denn auch, wenn man durch steigenden Druck die Konzentration erhöht, steigt die Temperatur. Bei geeigneter Form der Düse kann man aber damit rechnen, in dem Maße, wie Druck und Temperatur in Geschwindigkeit umgesetzt wird, auch die Dissoziation zurückgehen zu sehen, indem noch in per Düse dissoziierte Moleküle sich wieder vereinigen und damit ihre Energie abgeben bei richtiger Düsenform. So läßt sich selbst bei Knallgas noch ein befriedigender Nutzeffekt erreichen, das als stärkster Energielieferant auch die höchste Temperatur und Dissoziation gibt. Zur Zeit halte ich das Verhältnis 6 Volumen Wasserstoffgas H_2 auf ein Volumen Sauerstoffgas O_2 für das günstigste, d. h. einen

Überschuß von 200 % H_2, wobei 4 km/sek Molekular- und auch Auspuffgeschwindigkeit überschritten werden.

Ganz kurz und mit überschlägigen Zahlen (obersten Werten, zu korrigieren auf Dampfform) soll hier die Energieleistung verschiedener Brennstoffe einander gegenübergestellt werden:

1. 1 kg Nitro-Zellulose

$$\underbrace{\underbrace{C_6H_{10}O_5}_{72+10+80}}_{162} + \underbrace{\underbrace{4NO_3}_{54+192}}_{246} = \underbrace{6CO_2}_{72+192} + \underbrace{5H_2O + 2N_2}_{10+80+54} + 4000\,\mathrm{Cal}$$

$$\underbrace{162 + 246}_{408} = \underbrace{264 + 90}_{408}$$

1 kg Gemisch ~ 1600 Cal (rauchloses Pulver)

2. 1 kg Benzin (Oktan) mit Sauerstoff

$$\underbrace{C_8H_{18}}_{96+18} + 25\,O = 8\,CO_2 + 9\,H_2O + 11\,500\,\mathrm{Cal}$$

$$\underbrace{114 + 400}_{514} = \underbrace{352 + 162}_{514}$$

1 kg Gemisch ~ 2500 Cal

3. 1 kg Benzol mit Sauerstoff

$$\underbrace{C_6H_6}_{72+6} + 15\,O = 6\,CO_2 + 3\,H_2O + 9000\,\mathrm{Cal}$$

$$\underbrace{78 + 240}_{318} = \underbrace{264 + 54}_{318}$$

1 kg Gemisch ~ 2250 Cal

4. 1 kg Äthylalkohol mit Sauerstoff

$$\underbrace{C_2H_5OH}_{24+5+16+1} + 3\,O_2 = 2\,CO_2 + 3\,H_2O + 7000\,\mathrm{Cal}$$

$$\underbrace{46 + 96}_{142} = \underbrace{88 + 54}_{142}$$

1 kg Gemisch ~ 2340 Cal

4a. 1 kg Alkohol wie oben; Sauerstoffzuführung durch Überchlorsäure $HClO_4$

$$\underbrace{C_2H_5OH}_{46} + \underbrace{1^1/_2\,HClO_4}_{150} = \underbrace{1^1/_2\,HCl}_{54} + \underbrace{2\,CO_2}_{88} + \underbrace{3\,H_2O}_{54}$$

$$196 = 196$$

1 kg Gemisch ~ 1650 Cal

5. 1 kg Methan mit Sauerstoff

$$\underbrace{\underbrace{\underset{16}{\underbrace{\underset{12+4}{CH_4}}} + \underset{64}{2\,O_2}}_{80} = \underbrace{\underset{44}{CO_2} + \underset{36}{2\,H_2O}}_{80}} + 13\,300\ \text{Cal}$$

1 kg Gemisch ~ 2650 Cal

6. 1 kg Wasserstoff mit Sauerstoff

$$\underbrace{\underset{2+16}{H_2 + O}}_{18} = \underset{18}{H_2O} + 34\,000\ \text{Cal}$$

1 kg Gemisch ~ 3777 Cal.

Um zu zeigen, daß in der Tat Verbindungen mit Sauerstoff, also die Verbrennungen am günstigsten sind, insofern sie die größte Energie pro kg liefern, seien auch einige andere Reaktionen hier angeführt:

1. 1 kg Flußsäure ergibt bei ihrer Bildung aus Wasserstoff und Fluor

$$H + Fl = H\,Fl + 1888\ \text{Cal}$$

2. 1 kg Salzsäure ergibt bei ihrer Bildung aus Wasserstoff und Chor (Chlorknallgas)

$$H + Cl = H\,Cl + 610\ \text{Cal.}$$

Dieselbe Anzahl Kalorien geben gewöhnliches Schwarzpulver und Thermit, jenes bekannte Gemisch von Aluminium und Eisenoxydpulver, das z. B. zum Schweißen der Schienenstöße dient, und dem Laien wegen seiner hohen Temperatur auch einen besonders hohen Wärmeinhalt zuschreiben.

Durch diese einfachen Vergleichsrechnungen haben wir uns jetzt überzeugt, daß die üblichen großen Zahlen z. B. bei Wasserstoff und Methan für die Kalorien pro kg, welche diese Brennstoffe als überragend geeignet erscheinen lassen könnten, sich bei Mitberücksichtigung des Sauerstoffes, auf dessen Mitnahme zwar Motoren in der Erdatmosphäre mit ihrem unerschöpflichen Sauerstoffreservoir (21 % der Luft), nicht aber Raketen verzichten können, ganz wesentlich reduzieren. Die Spitze hat aber noch immer der Wasserstoff, dann folgt Methan, Benzin, Alkohol und Benzol in enger Reihe und erst in weiter Entfernung folgen die modernen Pulver.

Energetisch ist offenbar Wasserstoff am vorteilhaftesten, die Reihe der flüssigen Brennstoffe steht sich ziemlich gleich, die Pulver sind am wenigsten leistungsfähig. Nun handelt es sich darum, ob die genannten Brennstoffe noch Eigenschaften haben, welche ihre Verwendung wünschenswert oder weniger ratsam erscheinen lassen. Da fällt vor allem ins Auge, daß es wegen der kolossalen Größe und dem Gewicht der notwendigen Vorratsgefäße oder Tanks unmöglich ist, Gase wie Wasserstoff, Sauerstoff oder Methan in gasförmigem Zustande mitzunehmen. Ebenso unmöglich wäre es, sie in komprimiertem Zustande mitzunehmen, es kennt doch wohl jeder die stählernen Gasbomben, in welchen komprimierte Kohlensäure oder Sauerstoff geliefert werden, welche ein Vielfaches ihres Inhaltes wiegen. Es gibt jedoch ein Mittel, Gase ohne Druck zu komprimieren, indem man sie in den flüssigen Aggregatszustand versetzt. Unter Atmosphärendruck ist aber dann auch die Temperatur dieser Flüssigkeiten eine sehr niedere, bei Sauerstoff z. B. — 183°, bei Wasserstoff gar — 253°. Bei dieser Temperatur ziehen die Flüssigkeiten natürlich stark Wärme aus der Umgebung an sich und halten sich dadurch ständig im Sieden bei den oben angegeben Temperaturen. Es ist daher von erstrangiger Wichtigkeit, sie möglichst von jeder Wärmezufuhr abzuschneiden, das erfordert also schwierige Isolationsmaßnahmen, sonst gehen diese Flüssigkeiten durch Verdampfung in den leeren Weltenraum in kurzer Zeit verloren. Noch eine zweite Seite der Schwierigkeiten des Umgangs mit solchen verflüssigten Gasen ist ihre tiefe Temperatur, die sie natürlich auch den Gefäßen und Leitungen, die sie durchfließen, mitteilen. Bei diesen Temperaturen werden aber die meisten Materialien so hart und spröde, daß sie beim geringsten Anstoß zerspringen, nur Blei und ganz weiches Elektrolytkupfer können den Ansprüchen Genüge tun, die besonders der Wasserstoff stellt. Auch sonst ist die Handhabung dieser verflüssigten Gase ebenso unbequem als gefährlich. Demgegenüber werden die üblichen Pulver fast als harmlos angesehen, zum Teil wohl auch nur aus dem Beharrungstrieb alter Artilleristen, welche eben nichts anderes kennen und nur aus diesem Grunde dem verflüssigten Sauerstoff Mißtrauen entgegenbringen. Dazu trägt vielleicht auch der Name Rakete bei, der die irrige Vermutung erregt, daß diese Knallgas- oder Spiritus- oder Benzinrückstoßflieger identisch wären mit den alten Pulverraketen, während sie mit ihnen eigentlich nichts gemein haben als die Reaktionswirkung. Besonders große Modelle, die wie Wasserflugzeuge vom Wasser aufsteigen und ebendort im Gleitfluge niedergehen, was ich bei Verwendung von mit Wasser oder flüssigem Sauerstoff gekühlten hohlen

Metallflügeln für ausführbar halte. Aus dem Flugzeug und dem Starrballon, nicht aus der Feuerwerksrakete muß das Raumschiff organisch entwickelt werden! Bei der großen Rolle, welche aber jeder Gewinn an Auspuffgeschwindigkeit bei Raketen spielt, da man ihn nur durch eine Gewichtssteigerung nach den Potenzen von 2,72, der Basis der natürlichen Logarithmen, ersetzen kann, wird es doch für wirkliche Weltraumschiffe ratsam sein, die oberen Stufen mit Wasserstofffüllung auszurüsten, denn um die parabolische Geschwindigkeit von 11,2 km/sek, welche zur Überwindung des Erdschwerefeldes ausreicht, zu erreichen, wird wohl eine doppelte bis dreifache Rakete unbedingt erforderlich sein. Für Raketen, welche nur die höchsten Schichten der Atmosphäre erforschen oder in einer Kurve über die höchsten Schichten auf kürzeren Strecken die Erde überfliegen sollen, wird dagegen Alkohol oder Benzin in Betracht kommen, besonders wenn, wie bei RH V, Schaltmöglichkeiten vorgesehen sind, welche die Verwendung von Wasserstoff und Alkohol nacheinander zulassen in Verbindung mit flüssigem Sauerstoff, der sich schwer vermeiden läßt, denn die chemischen Verbindungen, welche leicht Sauerstoff entbinden und daran am reichsten sind, wie z. B. Überchlorsäure $\underset{\underbrace{1+35+64}_{100}}{\mathrm{H\quad Cl\quad O_4}}$, die in $\underset{\underbrace{1+35}_{36}}{\mathrm{H\quad Cl}}\underset{+64}{+\mathrm{O_4}}$ bei Erwärmung zerfällt, haben noch einen starken Ballast (36%) mit sich, der sich in obigen Brennstoffgleichungen als Herabsetzung der Energie pro kg Gemisch auf etwa 1650 Cal und damit der Auspuffgeschwindigkeit unangenehm geltend macht. Das ausströmende Salzsäuregas (HCl) könnte zudem Verbrennungsraum und Düse beschädigen, wenn nicht diese aus geschmolzenem Quarz bestehen. Aber auch die Tanks, Leitungen, Pumpen, Zerstäuber usw. müßten aus diesem Material sein, denn diese Substanz ist tückisch, und zwar nicht nur im Angreifen von Metallen, sondern auch in der Selbstzersetzung, die zur Explosion führt. Die Auspuffgeschwindigkeit bei Knallgas berechnet sich aus den 3777 Cal durch Multiplikation mit 427 der Verhältniszahl Meterkilogramm zu Kalorien, wodurch man die Energie in Meterkilogramm erhält. Setzt man diese gleich der lebenden Kraft $\frac{mv^2}{2}$ und rechnet daraus v, erhält man

$$v^2 = \frac{2E}{m} \text{ und } v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 5600 \text{ m/sek}.$$

Die gleiche Rechnung für Alkohol und Sauerstoff ergibt 2340 Ca kg Gemisch und damit $v = 4300$ m/sek. Es muß natürlich festgehalten werden, daß alle diese Zahlen die obere theoretische Grenze bedeuten, der man sich in der Praxis nur nähern kann, wie weit, müßten Versuche ergeben[1]). Eine weitere ernste Schwierigkeit beim Arbeiten

---

[1]) Bezüglich der theoretisch zu erreichenden Auspuffgeschwindigkeiten bei Knallgas will ich noch den Sekretär unserer Gesellschaft, Ing. Guido von Pirquet, zu Wort kommen lasssen, ohne dadurch selbst meine Stellung festzulegen.

Dieser äußert sich hierüber folgendermaßen:

Als ich Ende 1926 mit dem Raketenkomitee in Berührung trat und in dasselbe aufgenommen wurde, brachte ich — abgesehen von meinem Interesse und einigen Kentnissen bezüglich Astromechanik und Energetik im Weltall — einige spezielle Vorkenntnisse mit, die bei diesem Problem von Wichtigkeit sind, und zwar betreffend Düsen, Ballistik und Wärmetechnik.

In diesem Komitee kamen nun lebhafte Debatten betreffend die Angaben über die Versuchsergebnisse von Goddard und Oberth zustande, und dabei wurden vom energetischen Standpunkt Zweifel darüber geäußert, ob es überhaupt theoretisch möglich sei, für die Austrittsgeschwindigkeiten aus den Düsen Werte zu erhalten, welche größer seien als die Molekulargeschwindigkeiten für den Anfangszustand (im Ofen).

Darauf habe ich mich der mühevollen und langwierigen Arbeit unterzogen, auf graphischem und rechnerischem Wege eine möglichst exakte Untersuchung darüber anzustellen, wie man sich den Hergang vorzustellen habe — und wie er überhaupt verlaufen kann und muß.

Dabei habe ich vorerst als Untersuchungsobjekt die Verwendung von Knallgas gewählt.

Nach manchen vergeblichen Versuchen und Ansätzen gelangte ich endlich zu der Methode, die eigentliche (totale) Verbrennung in 10 Intervalle (zu je 10% derselben) zu zerlegen und diagrammatisch zu unsersuchen.

Und so fand ich, daß bereits nach dem 6. Intervall die verwendbare Grenztemperatur von ca. | 3000° abs. | erreicht wird, die übrigens dem Temperaturbereich der relevanten Dissoziationen (10% bei 2900°, 20% bei 3300° usw.) schon ziemlich nahe liegt.

Das heißt: von der Verbrennung braucht nur erst 60% vollzogen zu sein — und schon haben wir 3000° erreicht.

Es ist somit klar, daß hier schon die Expansion in der Düse einsetzen muß, und daß sich also die 4 letzten meiner 10 Intervalle der Verbrennung in der Düse und nicht schon im Ofen vollziehen.

Diese letzten 40% der gesamten Verbrennungsenergie werden also dazu verwendet, um das Gasgemisch trotz der heftigen Expansion auf annähernd gleicher Temperatur (zirka dem Dissoziationsbereich) zu erhalten, mit verflüssigten Gasen liegt in den Pumpen und Mischern. Es ist wegen des Kraftbedarfes nicht möglich, die Flüssigkeiten vorher zu vergasen, sondern sie müssen als solche gepumpt werden. Pumpen

oder, um vom Arbeitsdiagramm zu sprechen: es wird die restliche Verbrennungsenergie dazu verwendet, um die Adiabate auf eine Isotherme „aufzufüllen".

Wenn wir nun das Arbeitsdiagramm dieser Isotherme genauer untersuchen, so zeigt sich, daß dieses allein bereits genügt, um eine ideelle Geschwindigkeit*) von 3100 m/sek zu erreichen!

Nun erst tritt die adiabatische Expansion ein, bei der die Temperatur herabsinkt — und von 3000° C abs. abwärts kann man noch ein gewaltiges Stück der Arbeitsfläche zur weiteren Steigerung der Geschwindigkeit benutzen, nur muß man den Anfangsdruck im Ofen genügend hoch nehmen (etwa 50—100 Atm.) (in Übereinstimmung mit Oberth rechne ich bloß mit 10—20 Atm., Hoefft), da sonst der Anfangsdruck für die adiabatische Expansion (nach der isothermen Exp.) gar zu niedrig wird (vgl. S. 169 unten).

Übrigens steht es uns frei, überschüssigen Wasserstoff in den Verbrennungsraum und also auch in die Düse ausströmen zu lassen, der ja eine enorm hohe Molekulargeschwindigkeit besitzt und daher auch die durchschnittliche Molekulargeschwindigkeit und damit auch die Ausströmungsgeschwindigkeit wesentlich hebt.

Selbstredend muß sich für diesen Übersättigungsgrad auch ein Optimum auffinden lassen.

Die Übersättigung mit Wasserstoff hat übrigens auch schon Oberth vorgesehen, teilweise auch, um die Düsenwandungen vor übermäßiger Erhitzung und Oxydation zu bewahren.

Diese auseinandergehenden Ansichten lassen sich an Hand einiger Formeln ganz leicht darstellen und erläutern, wenn wir folgende Bezeichnungen einführen:

En = Verbrennungsenergie in mkg pro kg

c_i = ideelle Endgeschwindigkeit (bei verlustloser Ausströmung), m/sek.

$c_{m\alpha}$ = Molekulargeschwindigkeit für den Anfangszustand (also nach Verbrennung, vor Expansion, lies: „Ce Em Alpha")

$c_{m\omega}$ = Molekulargeschwindigkeit für den Endzustand (also nach der Expansion, beim Austritt aus der Düse, lies: „Ce Em Omega)

$c_{r\alpha}$ = rotatorische Geschwindigkeit für den Anfangszustand

$c_{r\omega}$ = rotatorische Geschwindigkeit für den Endzustand

T_α und T_ω absolute Temperatur für den Anfangs- und Endzustand.

Die rotatorische Geschwindigkeit ist die Geschwindigkeit der Atome innerhalb des Moleküls, eigentlich ein Durchschnittswert jener innermolekularen Geschwindigkeiten, die mit der Temperatur in Zusammenhang stehen, etwa entsprechend der Formel

$$c^2_r = \frac{\sum \frac{\mu_n}{2} c^2_{rn}}{\frac{1}{2} \sum \mu_n}.$$

mit Ventilen werden aber bei dieser Temperatur schwerlich funktionieren. Am zweckmäßigsten dürften zwei Radkränze im Verbrennungsraum sein, welche an der Peripherie schief gegeneinander

---

Dabei ergaben sich für zweiatomige Gase und nicht allzu hohe Temperaturen folgende bequeme Näherungswerte, für μ Molekulargewicht und T abs. Temperatur:

Schallgeschwindigkeit (m/sek) $\quad c_s \sim 108 \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ **)

Molekulargeschwindigkeit (m/sek) $\quad c_m \sim 146 \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

rotatorische Geschwindigkeit (m/sek) $\quad c_r \sim 191 \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

ideelle Ausströmungsgeschwindigkeit für die Adiabate $\quad c_i \sim 240 \sqrt{\frac{Ta}{\mu}} \sqrt{1-\frac{T\omega}{Ta}}$

Wenn wir nun die soeben angegebenen Bezeichnungen verwenden, kann man die verschiedenen Ansichten, welche auftauchen, durch folgende drei Formeln wiedergeben, wobei in allen drei die Energie für den Ausgangszustand (also vor Einsetzen der Verbrennung) vernachlässigt wurde.

$$\text{I.} \quad c^2_{iI} \sim c^2_{ma} - c^2_{m\omega}$$
$$\text{II.} \quad c^2_{iII} \sim (c^2_{ma} + c^2_{ra}) - (c^2_{m\omega} + c^2_{r\omega})$$
$$\text{III.} \quad c^2_{iIII} \sim 2 g_0 En - (c^2_{m\omega} + c^2_{r\omega})$$

Formel I.

Diese Formel gibt die Ansicht wieder, daß die Molekulargeschwindigkeit des Anfangszustandes nicht überschritten werden könne — wohin aber dann die Restenergie

$$\Delta En = En - \frac{c^2_{iI}}{2g}$$

geraten oder verschwinden soll, das „wissen die Götter".

Formel II.

Diese Formel entspricht derselben Ansicht wie die obige, nur daß sie etwas exakter formuliert ist.

Formel III.

Diese entspricht aber nach der Ansicht des Verfassers (in Übereinstimmung mit Oberth und von Hoefft) am ehesten der tatsächlich gegebenen energetischen Sachlage, wenn nur die Düse halbwegs richtig profiliert und namhafte Wirbelverluste dadurch vermieden werden.

Die vergleichsweise Anwendung dieser drei verschiedenen Formeln auf ein und dasselbe Zahlenbeispiel ergibt natürlich sehr auseinandergehende Resultate:

Formel I
(die Zahlen für c in km/sek).

$$c^2_i \sim c^2_{ma} - c^2_{m\omega} \sim$$
$$\sim 1{\cdot}188^2 - 1{\cdot}22^2 \sim 3{\cdot}54 - 1{\cdot}49 = 2{\cdot}05 \text{ und (für } 3000^0 \text{ und } 1000^0)$$
$$c_{iI} \sim \sqrt{2{\cdot}05} \sim 1430 \text{ m/sek.}$$

gerichtete feine Löcher tragen, wie ich sie vorgeschlagen habe. Setzt man dieses Aggregat in Rotation durch den Gasdruck im Verbrennungsraum auf eine Turbine (im Anfang durch Überdruck in den Tanks),

---

Formel II.

$$\begin{aligned} c^2_i &\sim (c^2_{m\alpha} + c^2_{r\alpha}) - (c^2_{m\omega} + c^2_{r\omega}) \sim \\ &\sim (1 \cdot 88^2 + 2 \cdot 47^2) - (1 \cdot 22^2 + 1 \cdot 6^2) \sim \\ &\sim (3 \cdot 54 + 6 \cdot 10) - (1 \cdot 49 + 2 \cdot 56) \sim \\ &\sim 9 \cdot 64 - 4 \cdot 05 \sim 5 \cdot 59 \\ c_{i\,\mathrm{II}} &\sim \sqrt{5 \cdot 59} \sim 2370 \text{ m/sek}. \end{aligned}$$

Formel III.

Nebenrechnung:

$$1 \text{ kg } H_2 + 8 \text{ kg } O_2 = 9 \text{ kg } H_2O + 28800 \text{ Cal} ^{***})$$

$$28800 : 9 = 3200 \text{ Cal/kg} = En,$$

$$2\,g\,En = 26{,}800000 \text{ mkg}$$

$$\begin{aligned} c^2_i &\sim 2\,g\,En - (c^2_{m\omega} + c^2_{r\omega}) = \\ &\sim 26 \cdot 8 - (1 \cdot 33^2 + 1 \cdot 740) = \\ &\qquad \text{für } 1500^0 \text{ Celsius} \\ &\sim 26 \cdot 8 - 4 \cdot 8 = 22 \cdot 0 \quad \text{und} \\ c_{i\,\mathrm{III}} &= \sqrt{22 \cdot 0} \sim 4690 \text{ m/sek}. \end{aligned}$$

Für 30—50 % Düsenverluste ergeben sich somit

$$c^2 = 22 \times (50\text{—}70\,\%) = 11\text{—}15 \cdot 4$$

$$\text{und } c \sim \sqrt{11\text{—}15 \cdot 4} \sim$$

$$\sim 3320\text{—}3920 \text{ m/sek}.$$

Man sieht, die lebendige Kraft, die ja mit dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist, ist für die Formel III ca. 10mal so groß als für die Formel I, $c_{i\,\mathrm{III}} = 22$, $c^2_{i\,\mathrm{II}} = 5 \cdot 6$, $c_{i\mathrm{I}} = 2 \cdot 05$.

Dabei ist noch zu beachten, daß die Endtemperatur mit $T = 1500^0$ sehr hoch, als **sehr vorsichtig** angesetzt wurde.

Der Verlauf des Herganges sowie die Berechnung wird einfacher, wenn **nicht** reines Knallgas, sondern ein übersättigtes Gemisch desselben mit überschüssigem Wasserstoff in Anwendung kommt. Hier wird nämlich durch die Miterhitzung des überschüssigen Wasserstoffs dermaßen viel Wärme verbraucht, daß im Falle a) schon bei 3000°, im Falle b) sogar schon bei Erreichung der Temp. $T_\alpha = 2400^0$ die ganze Verbrennungswärme aufgebraucht ist, also nicht wie oben — zuerst eine isothermische Expanison während Vollendung der Verbrennung, sondern **sofort** die **adiabatische Expansion** einsetzt, daher fällt hier auch die Forderung eines besonders hohen Anfangsdruckes weg (vgl. S. 167).

Die Formel $c_i \sim 240 \sqrt{\frac{T\alpha}{\mu}} \sqrt{1 - T\omega/T\alpha}$ ist nichts anderes als eine von mir für die Zwecke der Kosmonautik umgewandelte Form der bekannten „Zeunerschen Formel“:

so wirkt er als Zentrifugalpumpe und Zerstäuber. Ordnet man ihn feststehend an, so kann er noch immer als Zerstäuber wirken, indem die wirbelartig ineinander gespritzten feinsten Flüssigkeitssäulen

---

$$w_i = \sqrt{2g \frac{\varkappa}{\varkappa - 1} p_i v_i} \sqrt{1 - \left(\frac{pz}{pi}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}}}.$$

Wenn wir die Änderung der Konstanten $\varkappa$ (lies Kappa) mit der Temperatur nicht vernachlässigen wollen, müssen wir folgenden Wert setzen:

$$c_i \sim 129 \sqrt{\frac{Ta}{\mu}} \sqrt{\frac{\varkappa}{\varkappa - 1}} \sqrt{1 - T\omega / Ta}.$$

Wir erhalten dann für „einfache" Übersättigung: $4 H_2 + O_2 = 2 H_2O + 2 H_2$ die Werte $\mu = 10$ und $Ta \sim 3100^0$ und für

$T\omega$	$\varkappa$	c_i km/sek
1500°	1,24	3,6
1000°	1,25	4,1

und für „doppelte Übersättigung": $6 H_2 + O_2 = 2 H_2O + 4 H_2$ und $\mu = 7{,}3$, $Ta \sim 2600^0$ und für

$T\omega$	$\varkappa$	c_i km/sek
1500°	1,26	3,8
1000°	1,27	4,3

Es ist klar, daß die Zeunersche Formel aus dem Arbeitsdiagramm schon Werte ergibt, welche die Molekulargeschwindigkeit des Anfangszustandes überschreiten können, man muß eben zur Erklärung dieser Tatsachen die rotatorische Geschwindigkeit c_r innerhalb der Moleküle heranziehen, deren Existenz in der kinetischen Gastheorie ja nichts Neues ist. Man sollte meinen, es sei auch klar, daß man mit Wasserdampf, der aus Knallgas bei einer Temperatur von 3000° entsteht, andere, und zwar höhere Geschwindigkeiten erhalten kann als mit Wasserdampf aus einem Dampfkessel, der maximal 600° bis 800° aufweist; wenn wir andererseits reinen Wasserstoff mit 3000° abströmen lassen könnten, würden wir auch c mit 6 und 7 km/sek erzielen können, nur ist leider diese Methode für die Rakete undurchführbar.

Die Qualität der Düse ist von großem Belang: 1 % Unterschied in der Ausströmungsgeschwindigkeit variiert das Anfangsgewicht bei 2 Stufen bereits um 4 %, bei 3 Stufen sogar um 5 %, was z. B. in letzterem Fall für $R_I = 3000$ Tonnen schon 150 Tonnen ausmacht!

*) Ideelle Geschwindigkeit ohne Verluste durch Reibung und Wirbelbildung in der Düse. (S. 167.)

**) Das Zeichen ~ statt des Gleichheitszeichens bedeutet „ähnlich, näherungsweise oder ungefähr gleich" ... (S. 168.)

*** S. Anm. S. 169. Hier wurde nicht der „obere Heizwert" (ca. 34000 Calorien — mit Wasser als Endprodukt der Verbrennung) eingesetzt, sondern der sog. „untere Heizwert" mit Wasserdampf als Endprodukt, ca. mit 28800 Cal pro kg H_2.

sofort verdampfen und an dem Ring, in dem sie sich schneiden, durch eine elektrisch glühend gemachte Drahtspirale gezündet werden.

Die Tanks müssen ohnehin einen gewissen Überdruck besitzen über den leeren Raum und sind dementsprechend mit Sicherheitsventilen zu versehen. Ob, wie wahrscheinlich bei meinem 30-kg-Modell zur Erforschung der Atmosphäre, es zweckmäßiger ist, die Maschine mit der Komplikation der Zentrifugalpumpe nebst Antrieb oder mit den schweren druckfesten Tanks zu belasten, muß die Rechnung ergeben. Diese Tanks sind ohnehin ziemlich schwer, da sie nach der Art der Dewarschen Gefäße (Thermosflaschen) doppelwandig sein müssen. Einwänden, ob es überhaupt möglich ist, daß ein Material von Zerstäuber, Verbrennungsraum, Düse usw. Temperaturdifferenzen von — 200 bis + 2000 Grad aushält, möchte ich eines erwidern: Der Zerstäuber, der allein mit flüssigen Gasen in Berührung kommt, bleibt auch dauernd mit ihnen in Berührung und wird dadurch so wirksam gekühlt, daß er selbst in der Gluthitze des Verbrennungsraumes verhältnismäßig kühl bleibt. Die fegende Wirkung heißer Gase, besonders auf den Düsenhals, wird sich beherrschen lassen, wenn dieser aus geeignetem Material, z. B. Quarz oder Metall mit Asbestkleidung, besteht, das zudem von außen wirksam gekühlt wird. Das wichtigste Moment, das Beurteilern zu entgehen pflegt, welche vom Maschinenbau herkommen, ist, daß die Funktion keiner Raketenmaschine die Dauer von fünf Minuten erreicht. Es ist daher durchaus abwegig, Beurteilungen, die sich auf Maschinen beziehen, welche für Jahre oder Jahrzehnte lange Funktion konstruiert werden, mit unseren zu vergleichen, die wir mit ganz anderen Sicherheitskoeffizienten rechnen dürfen. Fünf Minuten darf man dem Material Spannungen und Temperaturen zumuten, die für Dauerbetrieb absolut unzulässig sind, und ebenso darf man Abnutzungen durch den Gasstrom in Kauf nehmen, welche in 10 Minuten eine Maschine zerstören würden. Das wird von Kritikern meistens übersehen und erleichtert natürlich sehr die Konstruktion. Dasselbe gilt auch für die von mir vorgeschlagenen Steuerorgane, die ebenfalls dem glühenden Gasstrom ausgesetzt sind, nämlich bei einer Unterteilung der Düse in 4 Düsen, 4 Nadelventile, welche von Hand oder Zenithkreisel beordert den Antrieb jener Seite drosseln, welche zurückbleiben soll. Diese Vorrichtung geht auf Entwürfe vom Jahre 1891 zurück, welche ich für Reaktionsluftschiffe machte, das sind Luftschiffe, die sich vorwärts bewegen, indem sie vorne, wo sich die Luft staut, diese absaugen und sie hinten auswerfen, wo die Luft verdünnt ist. Ein Eventualentwurf sah nur eine einzige Düse vor, welche aber mit Kugelgelenk oder mit einem Mittelstück nach Art der Metallschläuche frei nach allen Richtungen schwenkbar war. Es leuchtet ein, daß auch hiermit eine freie Steuerbarkeit nach allen Richtungen erreicht wird und diese Einrichtung sich eventuell auch auf Raketen übertragen läßt, wenn man beachtet, daß der glühende Gasstrom nur so kurze Zeit einwirken kann.

Zum Schlusse bleibt noch übrig, kurz die Zukunftsmöglichkeiten zu besprechen, die betrachteten chemischen Energien durch kolossal überlegene physikalische zu ersetzen, deren Handhabung nur leider der Menschheit bis heute nicht gelungen ist, zumal meine eigenen Bestrebungen in dieser Richtung auch schon bis in die 90er Jahre zurückreichen. Flügel bekamen sie allerdings erst nach der Entdeckung des Radiumzerfalles und mit Beginn der Versuche, diesen willkürlich zu beschleunigen. Wenn auch dies bisher nicht gelungen scheint, so sind doch willkürliche Atomzertrümmerungen von Rutherford, Kirsch und Peterson durchgeführt worden. Allerdings sind diese Versuche noch weit entfernt von dem Ziele, diese Zertrümmerungen praktisch nutzbar zu machen, denn es handelt sich dabei um so winzige Mengen, daß zu ihrem Nachweis nur die glänzenden neuen Methoden der Radiumforschung genügen, wie die Nebelmethode. Fast um ebenso winzige Mengen handelt es sich bei den Versuchen, im Gegensatz zu diesem Abbau der Atome ihren Aufbau zu bewirken, wie sie die Versuche Paneths, Helium durch Palladiumkatalyse [1]) aus Wasserstoff herzustellen, anstrebten, ohne daß angesichts der Unsicherheit so minimaler Bestimmungen allgemein anerkannt wird, daß das Ziel erreicht ist. Die Schwierigkeit bei der Bestimmung so minimaler Mengen, daß jede Fehlerquelle von Bedeutung wird, hat ja auch der Versuch der Goldherstellung mittels der Quarzlampe gezeigt. Es wird vielleicht noch lange dauern, aber es ist doch zu hoffen, daß wir hier vorwärtskommen, wenn wir auch zugestehen müssen, daß zurzeit noch gar nichts hier spruchreif ist. Auch

---

[1]) Katalyse nennt man die Beschleunigung (oder Verzögerung) einer Reaktion durch einen Stoff, der vor und nach der Reaktion unverändert bleibt. Im gegebenen Fall soll die Zusammenpressung des Wasserstoffes, den das Palladium in seine Poren saugt, das wirksame Moment sein.

elektrische Beschleunigung von Elektronen und Ionen wie in Kathoden- und Kanalstrahlen kommt in Betracht, und die Reaktion sehr kleiner Mengen kann sehr groß werden, da die Geschwindigkeiten bis an die Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit gehen. Die nötige

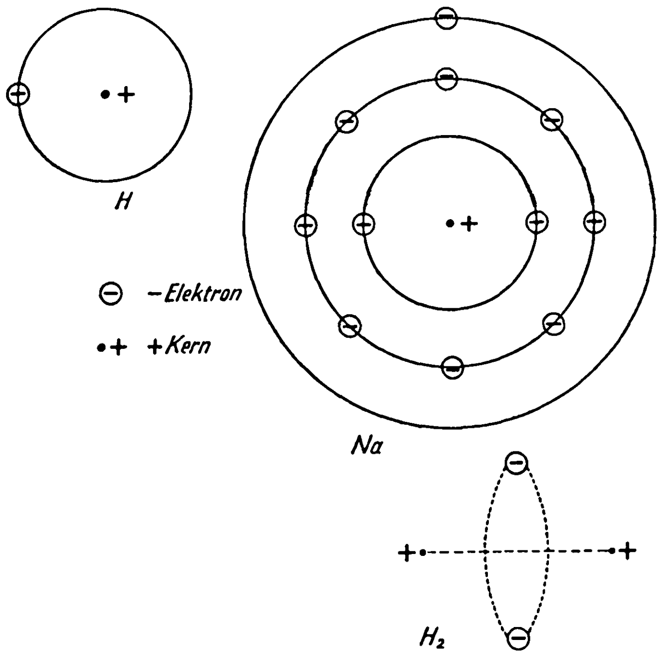


Abb. 38.
Atome.

Das Bild zeigt ein Wasserstoffatom H, bestehend aus einem positiven Kern +, Proton und einem Elektron ⊖, das denselben umkreist. Weiter ein Natriumatom, wo wieder der Kern, aber diesmal von 3 Schalen Elektronen umkreist wird, und schließlich ein Wasserstoff**molekül**, das aus 2 Atomen derart entsteht, daß sich die beiden Elektronen in einer Kreisbahn um die Verbindungslinie der beiden Kerne schwingen. Auch der positive Kern des Natriums besteht aus Protonen und Elektronen, und bei der Zertrümmerung des Natriumatoms wird auch er zertrümmert, nicht nur die äußeren Elektronenschalen, welche die chemischen Reaktionen bewirken.

elektrische Kraft müßte wohl durch Sonnenspiegel erzeugt werden. Bei Kathodenstrahlen findet kein Materialverbrauch statt, da die Elektronen sich aus dem unbegrenzten Weltraum stets ergänzen. Die derzeit mangelnde Möglichkeit der Durchführung ist der Grund, warum ich mich nach der Oberthschen Veröffentlichung über Raketen mit flüssigem Sauerstoff diesen zuwandte. Immerhin ist es von Wert, diese Zukunftsaussichten im Auge zu behalten, ist doch die Atomzerfallsenergie in der Größenordnung millionenmal größer als die der gewöhnlichen chemischen Reaktionen und damit die der Auspuffgeschwindigkeit tausendmal. Um dasselbe mal größer ist aber eine Energie, die nach dem Urteil so bedeutender Gelehrten wie Geheimrat Prof. Nernst und Prof. Wiechert im Weltäther selbst als sogenannte Nullpunktsenergie errechnet wird. Aus dieser Nullpunktsenergie heraus soll der Äther nun neue materielle Atome bilden, welche dem ständigen Zerfall durch Energieverlust die Wage halten. Als Beweis oder wenigstens als Verwahrscheinlichung kann man wohl die überaus harte Strahlung auffassen, welche durch Kohlhörster und andere gerade aus Gegenden der Milchstraße nachgewiesen wurde, in welchen man Neubildung von Sternen und Materie vermuten konnte. (Und die von guten Freunden der Weltraumschifffahrt sofort als neues Hindernis für Menschenfahrten begrüßt wurde, obwohl die besten Kenner diese Schwierigkeit nicht ernst nehmen.) Wenn es gelänge, diesen Prozeß beliebig anzuregen, wäre eine ebenso gewaltige als unerschöpfliche Kraftquelle erschlossen, welche geradezu die ideale für Weltraumschiffahrt zu nennen wäre. Entwürfe zu Raumschiffen mit Antrieb durch Atomzerfallsenergie bzw. später Nullpunktsenergie des Weltäthers habe ich seit dem Jahre 1910 aufgenommen. Da man hier nicht sparen braucht, läßt sich die ganze Reise mit normalem Andruck machen, mit Ausnahme kurzer Anfahrzeiten und Bremszeiten in der Nähe der Planetenoberflächen, welch letztere aber auch nur mäßig den irdischen Normalandruck überschreiten müssen, da man eben nicht auf das ängstliche Sparen wie bei Brennstoffen angewiesen ist. Besonders gilt das natürlich von dem Betrieb mit Ätherenergie, die ja praktisch nicht zu erschöpfen ist. Ich stelle mir vier kugelförmige Elemente mit trichterartigem Ansatz vor, welche gewissermaßen Reaktionsraum und Düse verbinden und einen Strom von Ätheratomen, Elektronen oder neugebildeten Massenatomen, z. B. Wasserstoff, dessen Stärke je nach der elektrischen Anregung schwankt, ausstoßen und durch seine Reaktion das Raumschiff heben. Stellt man sich vor, daß die Stärke der elektrischen Erregung in den einzelnen Kugelelementen von einem Kreiselkompaß gesteuert wird, der Widerstände entsprechend ein- und ausschaltet, so ist eine automatische Stabilität und Steuerung genau entsprechend den vier Düsen meiner Raketensteuerung gegeben, in welche man natürlich durch Verstellung jederzeit eingreifen kann. Überschlägige Rechnungen ergaben, daß oberhalb der Atmosphäre Strecken wie Wien—New York in etwa 25 Minuten, Wien—Neuseeland etwa in 40 Minuten, Strecken wie Erde—Mond bei gleichmäßiger Beschleunigung in der ersten Hälfte und gleichmäßiger Verzögerung in der zweiten Hälfte der Bahn je mit 10 m pro Sekunde, in dreieinhalb Stunden zurückgelegt werden können. Nahezu dieselben Fahrzeiten über die Erdoberfläche könnten Raketen, wie ich sie schon auf dem Naturforscherkongreß Innsbruck 1924 zur photogrammetrischen Aufnahme von unbekannten Ländern und zur Postbeförderung vorgeschlagen und seither durchkonstruiert habe, erreichen (RH IV, RH V). Allerdings können sie die Erdanziehung nicht verdoppeln wie die Ätherschiffe und müssen daher in der Keplerschen Bahn und Geschwindigkeit bleiben.

Zur Venus würde die Fahrt je nach der Stellung in oberer oder unterer Konjunktion oder Quadratur 35, 90 und 70 Stunden dauern, zum Mars in Konjunktion 110 Stunden, in Opposition 46 Stunden, zu Jupiter etwa 5, zu Saturn 8, zu Uranus 11, zu Neptun 16 Tage. Zum nächsten Sonnensystem, Alpha Zentauri, errechnen sich 4 Jahre. Nimmt man die Einsteinsche Theorie an, so würde sich die Zeit für die Mitfahrer auf 2 Jahre reduzieren, weil sie die 2 Jahre, die sie sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, nicht älter werden. Bei der Rückkehr wären sie dann allerdings um 4 Jahre jünger als ihre vorher gleichaltrigen Bekannten auf der Erde, da diese um 8 Jahre gealtert wären, die Mitfahrer nur um 4 Jahre.

Zu beachten ist, daß nach der Einsteinschen Theorie, die gerade in diesem Punkte allgemein angenommen ist, der riesige Energieinhalt eines kleinen Volumens Weltäther einer ebenso riesigen Masse entspricht, die noch dazu mit nahezu Lichtgeschwindigkeit abgeschleudert, eine entsprechend große Reaktionswirkung ergeben muß.

Noch eine Möglichkeit zur Raumschiffahrt habe ich erwogen. Zur See sollen erfolgreiche Versuche gemacht worden sein, die Wellenbewegung zum Vortrieb von Booten zu benutzen, indem elastische Stahlplatten gewissermaßen als Flossen angebracht wurden, welche durch ihre Schwingungen einen Vortrieb etwa ähnlich einer Schraubenwirkung erzielten. Etwas Ähnliches müßte sich auch im

Weltraum erreichen lassen, der ja von Wellenzügen aller Art erfüllt ist, wenn nur der Äther ein Medium wie das Wasser wäre. Es ist dieser Effekt nicht mit dem Lichtdruck zu verwechseln, welcher zwar jedenfalls wirksam, aber viel zu schwach wäre. Arrhenius hat ja berechnet, daß nur so winzige Körperchen wie Bazillensporen den Weltraum mit Hilfe des Lichtdrucks durchsegeln können, infolge ihrer großen spezifischen Oberfläche auf die Gewichtseinheit.

Fahrtrouten, Fahrzeiten, Landungsmöglichkeiten

Von Dr.-Ing. Walter Hohmann

Jeder, der eine weitere Reise vor hat, tut gut daran, vorher einen genauen Reiseplan auszuarbeiten, der ihm Klarheit über die einzuschlagende Reiseroute und die voraussichtliche Reisedauer verschafft; nicht nur, weil der Reiz der Reise dadurch erhöht wird, sondern vor allem deshalb, weil von der Reiselänge der Umfang des mitzuführenden Gepäcks bzw. Geldvorrates abhängt. Auf unserer mit Verkehrsnetzen und Stützpunkten dicht umspannten Erdoberfläche können freilich etwaige Mängel am Reisegepäck meist mit Hilfe einer genügend gefüllten Reisekasse ohne besondere Schwierigkeiten ausgeglichen werden. Anders bei Fahrten in den Weltraum, wo jedes mitzuführende Kilogramm genau vorausberechnet und abgewogen werden muß; denn hier gibt es unterwegs keinerlei Stützpunkte, an denen fehlende Mund- oder sonstige Vorräte ergänzt werden könnten! Und selbst wenn wir den üppigsten kosmischen Oasen begegnen würden, so wäre es unmöglich, sie anzulaufen; denn das damit verbundene Bremsen und Wiederanfahren würde große Geschwindigkeitsänderungen bedingen und jede Geschwindigkeitsänderung wiederum nach dem Raketenprinzip einen Mehraufwand an mitzuführendem Betriebsstoff bedeuten. Hinzu kommt noch, daß auch die zur Erreichung eines kosmischen Zieles erforderlichen Änderungen der Fahrtgeschwindigkeit nach Größe oder Richtung und der hierzu aufzuwendende Betriebsstoff — auch ohne Rücksicht auf die Fahrzeit — wesentlich abhängt von dem gewählten Reiseweg. Man darf also nicht annehmen, daß man nur ein Raketenraumschiff zu besitzen brauche, um damit nach Belieben im Weltall umherfahren zu können. Für jede über den Schwerebereich der Erde hinausführende Fahrt ist vielmehr die vorherige Aufstellung eines genauen Fahrplanes eine notwendige Voraussetzung.

Unter den Weltraumfahrten nimmt die Reise von der Erde zum Monde eine Sonderstellung ein, weil dabei das Fahrzeug dauernd nur unter dem Einfluß der Anziehungskräfte dieser beiden Weltkörper steht, dagegen von der Sonnenanziehung unabhängig bzw. nur insofern abhängig bleibt, als es die gemeinsame Umkreisung der Sonne durch Erde und Mond ohne weiteres mitmacht. Da ferner die Reisedauer verhältnismäßig kurz (nur einige Tage) und ihr Einfluß auf die mitzuführenden Vorratsmengen unerheblich ist, so sollen die Bedingungen der Mondfahrt zunächst von unseren Untersuchungen ausgenommen und nur die Reisen zu den eigentlichen Nachbarplaneten näher betrachtet werden.

Bei den folgenden Überlegungen wollen wir der klareren Übersicht wegen zunächst von der Anziehungskraft der Planeten selbst absehen und nur die Anziehungskraft der Sonne allein ins Auge fassen.

Wir wissen, daß unter der Wirkung der Sonnenanziehung die Planeten annähernd kreisförmige Bahnen um die Sonne beschreiben, und zwar mit um so größerer Geschwindigkeit, je näher sie der Sonne sind; z. B. Venus mit 35 km/sek, die Erde mit 29,7 km/sek, Mars mit durchschnittlich 26,5 km/sek, Jupiter mit 13 km/sek. Diese für unsere Vorstellung ungewöhnlich hohen Geschwindigkeiten müssen bei einem Weltraumverkehr zwischen den Planeten naturgemäß berücksichtigt werden. Hierbei bedeutet es einen für die Raumfahrt außerordentlich günstigen Umstand, daß alle Planeten sich im gleichen Sinne und fast genau in der gleichen Ebene um die Sonne bewegen (und zwar — vom Nordhimmel aus betrachtet — dem Uhrzeigersinne entgegengesetzt). Wäre es anders, so daß z. B. der eine Planet im Uhrzeigersinne, der andere entgegengesetzt die Sonne umkreiste, oder daß beide in zueinander senkrechten Ebenen sich bewegten, so wäre an einen Verkehr zwischen ihnen überhaupt nicht zu denken. Denn die dem Fahrzeuge durch die Bahngeschwindigkeit des Heimatplaneten einmal in einer bestimmten Richtung erteilte Schwungkraft ist so groß, daß Riesenkräfte dazu gehören würden, es in eine dazu senkrechte oder gar in die genau entgegengesetzte Richtung abzulenken. Bei der tatsächlich vorhandenen gleichsinnigen Planetenbewegung dagegen kann das Fahrzeug während des größten Teiles der Reise sich selbst bzw. der Sonne überlassen bleiben, deren Anziehungskraft es nach den Gravitationsgesetzen in eine elliptische

Kometenbahn zwingt, und es genügen verhältnismäßig geringe Geschwindigkeitsänderungen nach Richtung oder Größe, um das Fahrzeug aus der Bahn des Ausgangsplaneten in seine selbständige Kometenbahn und aus dieser wieder in die Bahn des Zielplaneten umzuleiten. Dabei kann der Verkehr — sowohl bei der Hinfahrt wie bei der Rückfahrt — natürlich stets nur in einer Bewegungsrichtung, nämlich eben im Sinne der gemeinsamen Planetenbewegung, erfolgen, niemals aber entgegengesetzt. Daraus folgt auch, daß die Abfahrt von einem Planeten zu einem andern nicht zu jeder beliebigen Zeit erfolgen kann, sondern daß für die Abfahrtzeit eine ganz bestimmte gegenseitige Konstellation der beiden Planeten maßgebend ist.

Bezeichnen in Abb. 39 die Kreise I und II zwei Planetenbahnen, etwa die der Erde E und der Venus V, die — vom Nordhimmel aus betrachtet — die Sonne S in der durch Pfeile angedeuteten Richtung umkreisen, so stellt der Bogen E_1—V_2 eine mögliche Verbindungsbahn von der Erde zur Venus (nicht aber umgekehrt!) und der Bogen V_1—E_2 eine mögliche Verbindungsbahn von der Venus zur Erde (nicht aber umgekehrt!) dar. Bezeichnen E_1 und V_1 die gleichzeitigen Stellungen der Erde und Venus zur Zeit der Abfahrt in E_1, so ist natürlich darauf zu achten, daß der Bogen E_1 — V_2 wirklich in genau der gleichen Zeit vom Fahrzeuge durchlaufen wird wie der Bogen V_1—V_2 von der Venus.

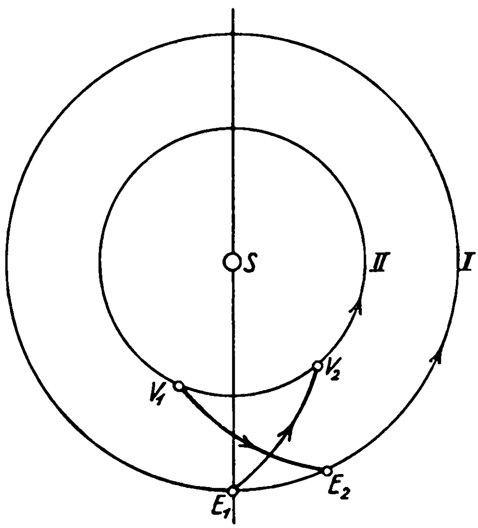


Abb. 39.

Es fragt sich nun, welche von den möglichen elliptischen Verbindungsbahnen E_1—V_2 (bzw. V_1—E_2) die günstigste ist. Unter günstig im Sinne der Raketenfahrt ist hierbei stets die größtmögliche Ersparnis an Betriebsstoff zu verstehen, nicht so sehr seiner Kosten wegen als mit Rücksicht auf die Schwierigkeit seiner räumlichen Unterbringung. Die mitzuführende Betriebsstoffmenge hängt aber von zwei Umständen ab: 1. von der Größe der unterwegs auszuführenden Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen; 2. von der mitzuführenden Nutzlast, die ihrerseits, soweit sie aus Vorräten für Nahrung, Atmung, Heizung u. dgl. besteht, wieder beeinflußt wird von der Fahrtdauer. Daß vielleicht darüber hinaus die Formel „Zeit ist Geld" auch bei Raumfahrten einmal eine Rolle spielen könnte, mag vorläufig unberücksichtigt bleiben. —

Um die Zweckmäßigkeit verschiedener möglicher Reisewege miteinander vergleichen zu können, muß also für jeden davon zunächst festgestellt werden:

1. die Geschwindigkeitsänderung $\varDelta v_1$ und $\varDelta v_2$, die nötig ist, um das Fahrzeug aus der Bahn des Ausgangsplaneten in die Verbindungsbahn und aus der Verbindungsbahn in die Bahn des Zielplaneten zu lenken;
2. die Fahrtdauer t.

Der eigentliche Aufstieg vom Startplaneten und die Landung am Zielplaneten sind für den Vergleich der Verbindungsbahnen belanglos, können bei dieser Untersuchung also außer Betracht bleiben.

Hat das in die Bahn des Zielplaneten eingeschwenkte Fahrzeug die Endmasse m_2, so muß es nach der Raketentheorie unmittelbar vor dem Einschwenken, also vor der letzten Geschwindigkeitsänderung $\varDelta v_2$ die Masse

$$m_2 \cdot e^{\frac{\varDelta v_2}{c}}$$

gehabt haben, wenn e die Basis der natürlichen Logarithmen und c die Auspuffgeschwindigkeit des Raketenmotors ist. Bezeichnet ferner $\varDelta m$ den täglichen Verbrauch an Vorratsmitteln, so ist die Fahrzeugmasse am Anfang der t tägigen Reise unmittelbar nach dem Ausschwenken aus der Bahn des Startplaneten

$$m_2 \cdot e^{\frac{\varDelta v_2}{c}} + \varDelta m \cdot t,$$

unmittelbar vor dem Ausschwenken aber, also vor der ersten Geschwindigkeitsänderung $\varDelta v_1$

$$m_1 = \left(m_2 \cdot e^{\frac{\varDelta v_2}{c}} + \varDelta m \cdot t\right) \cdot e^{\frac{\varDelta v_1}{c}}.$$

Wegen des störenden Einflusses der Planetenanziehung während des zeitweisen Nebeneinanderlaufens von Fahrzeug und Planet am

Anfang und am Ende der Fahrt und wegen sonstiger Zufälligkeiten sind die Massenverhältniszahlen $e^{\frac{\Delta v_2}{c}}$ und $e^{\frac{\Delta v_1}{c}}$ vorsichtshalber noch mit einem Sicherheitsfaktor ν zu versehen, der durchschnittlich mit etwa $\nu = 1{,}1$ angenommen werden kann. Werden die so vergrößerten Verhältniszahlen kurz mit μ bezeichnet, so daß also

$$\mu_1 = \nu \cdot e^{\frac{\Delta v_1}{c}} \text{ und } \mu_2 = \nu \cdot e^{\frac{\Delta v_2}{c}},$$

so erhält die für den Vergleich maßgebende Anfangsmasse m_1 (immer nach erfolgtem Aufstieg!) die allgemeine Form

$$m_1 = (m_2 \cdot \mu_2 + \Delta m \cdot t) \cdot \mu_1;$$

oder, wenn der Massenbegriff m durch den für unsere Vorstellung geläufigeren Gewichtsbegriff $G = m \cdot g_0$ (der allerdings nur an der unter der Schwerbeschleunigung $g_0 = 9{,}81$ m/sek² stehenden Erdoberfläche eine konkrete Bedeutung hat) ersetzt wird:

$$G_1 = (G_2 \cdot \mu_2 + \Delta G \cdot t) \cdot \mu_1.$$

Unter der erforderlichen Geschwindigkeitsänderung Δv ist in diesem Zusammenhang übrigens nichts anderes zu verstehen als die Relativgeschwindigkeit des abgehenden bzw. ankommenden Fahrzeuges gegenüber dem Start- bzw. Zielplaneten. Bezeichnet z. B. in dem Geschwindigkeitsdiagramm Abb. 40 die Strecke v_I die Bahngeschwindigkeit des Planeten, v_1 die Bahngeschwindigkeit des Fahrzeuges nach Größe und Richtung, α also den Bahnkreuzungswinkel, so stellt die Strecke Δv_1 die Relativgeschwindigkeit dar, die dem Fahrzeug im Falle der Abfahrt zu erteilen, im Falle der Ankunft zu entziehen ist.

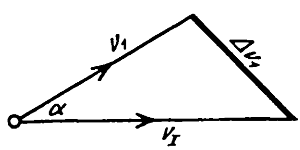


Abb. 40.

Bedeuten in Abb. 41 I und II zwei kreisförmige Planetenbahnen mit den Sonnenabständen r_1 und r_2 und den Planetengeschwindigkeiten v_I und v_{II}, III die elliptische Verbindungsbahn, auf welcher die Planetenbahnen unter den Schnittwinkeln α_1 und α_2 mit den Fahrtgeschwindigkeiten v_1 und v_2 gekreuzt werden mögen, so bestehen die allgemeinen Beziehungen:

$$v_I^2 r_1 = v_{II}^2 r_2 = M;$$

(für das Sonnensystem ist rund $M = 132 \cdot 10^9$ km³/sek²)

$$v_2^2 - v_1^2 = 2\,(v_{II}^2 - v_I^2); \quad v_2 r_2 \cos\alpha_2 = v_1 r_1 \cos\alpha_1.$$

Ferner sind die Halbachsen der Verbindungsellipse:

$$a = \frac{v_I^2 r_1}{2 v_I^2 - v_1^2}; \quad b = \frac{v_1 r_1 \cos \alpha_1}{\sqrt{2 v_I^2 - v_1^2}};$$

die Exzentrizität der Ellipse:

$$e = \sqrt{a^2 - b^2};$$

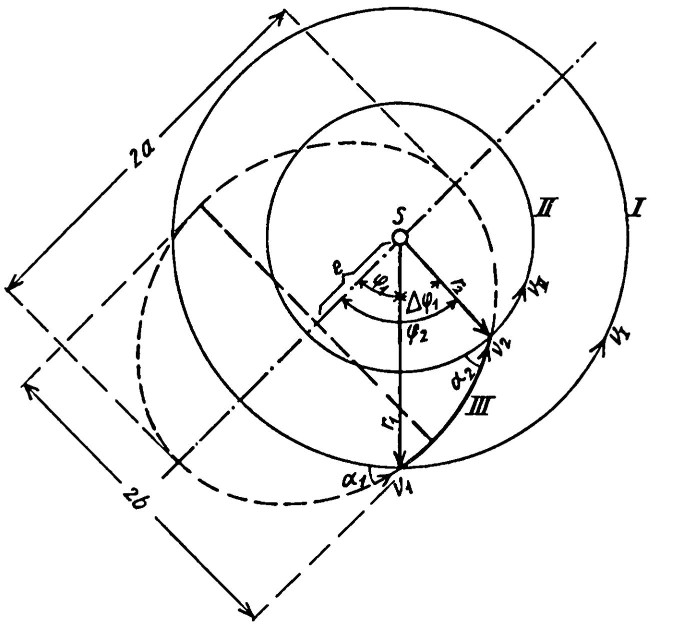


Abb. 41.

die Lage der Ellipsenhauptachsen:

$$\cos \varphi_1 = \frac{\frac{b^2}{r_1} - a}{e}; \quad \cos \varphi_2 = \frac{\frac{b^2}{r_2} - a}{e};$$

der vom Fahrzeug überstrichene Zentriwinkel also

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 .$$

Schließlich die Zeitdauer der Verbindungsfahrt:

$$t = \frac{ab\left(\arcsin \frac{a - r_1}{e} - \arcsin \frac{a - r_2}{e}\right) + e\,(r_1 \sin \varphi_1 - r_2 \sin \varphi_2)}{r_1 v_1 \cos \alpha_1},$$

und die Relativgeschwindigkeit zwischen Fahrzeug und Planet an den Kreuzungsstellen:

$$\Delta v_1 = \sqrt{(v_1 \sin \alpha_1)^2 + (v_{\mathrm{I}} - v_1 \cos \alpha_1)^2};$$
$$\Delta v_2 = \sqrt{(v_2 \sin \alpha_2)^2 + (v_{\mathrm{II}} - v_2 \cos \alpha_2)^2}.$$

Von den vielen möglichen Verbindungsellipsen zwischen zwei Planetenbahnen sind im allgemeinen d r e i durch besondere Einfachheit ausgezeichnet:

F a h r b a h n A, die beide Planetenbahnen berührt (s. Abb. 42). Für sie ist:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0; \quad \varphi_1 = 0; \quad \varphi_2 = \pi;$$
$$a = \frac{r_1 + r_2}{2}; \quad e = \frac{r_2 - r_1}{2}; \quad b = \sqrt{2 r_1 r_2};$$
$$v_1 = v_{\mathrm{I}} \sqrt{\frac{2 r_2}{r_1 + r_2}}; \quad v_2 = v_1 \cdot \frac{r_1}{r_2};$$
$$t = \pi \sqrt{\frac{(r_1 + r_2)^3}{M}};$$
$$\Delta v_1 = v_{\mathrm{I}} - v_1;$$
$$\Delta v_2 = v_{\mathrm{II}} - v_2.$$

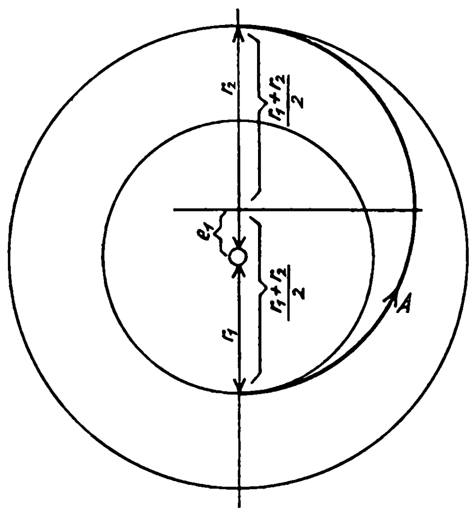


Abb. 42.

F a h r b a h n B, welche die innere Planetenbahn I berührt, die äußere II mit der zugehörigen Planetengeschwindigkeit schneidet (s. Abb. 43). Für sie muß sein:

$$\alpha_1 = 0; \quad \varphi_1 = 0;$$
$$v_2 = v_{\mathrm{II}}; \text{ also } v_1 = \sqrt{2 v_{\mathrm{I}}^2 - v_{\mathrm{II}}^2};$$
$$a = \frac{v_{\mathrm{II}}^2 \cdot r_2}{2 v_{\mathrm{II}}^2 - v_2^2} = r_2; \quad e = r_2 - r_1;$$
$$\cos \varphi_2 = \frac{\frac{b^2}{r_2} - a}{e} = \frac{b^2 - a^2}{r_2 \cdot e} = \frac{-e^2}{r_2 e} = -\frac{e}{r_2};$$

d. h. die Bahnkreuzung erfolgt nach Durchlaufen eines Viertels des Ellipsenumfanges, also mit Fahrtrichtung parallel zur großen Ellipsenachse; infolgedessen ist

$$\alpha_2 = \varphi_2 - \frac{\pi}{2};$$
$$b = r_2 \sin \varphi_2;$$

$$t = \frac{ab \arcsin 1 - e r_2 \sin \varphi_2}{r_1 v_1} = \frac{r_2 \sin \varphi_2 \left[r_1 + r_2 \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) \right]}{r_1 v_1}$$

$$\varDelta v_1 = v_{\mathrm{I}} - v_1 \, ; \quad \varDelta v_2 = v_2 \sqrt{2(1 - \cos \alpha_2)} \, .$$

F a h r b a h n C, welche die äußere Planetenbahn II berührt und die innere I mit der zugehörigen Planetengeschwindigkeit schneidet (s. Abb. 43). Hierfür ergibt sich genau das gleiche wie für den Fall B unter Vertauschung der Zeiger 1 und 2.

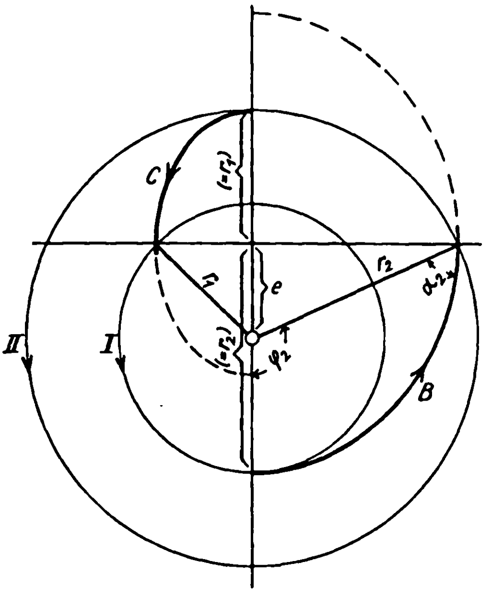


Abb. 43.

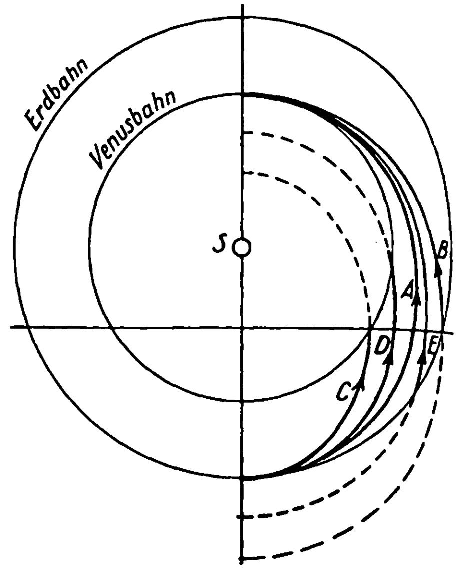


Abb. 44.

Die Fahrbahnen B und C besitzen also eine gemeinsame Lage der kleinen Ellipsenachse, die durch verschränktes Auftragen der Radien r_1 und r_2 von den Bahnberührungspunkten aus gefunden wird. Voraussetzung für die Möglicheit der Fahrbahn C ist übrigens, daß $2 r_1 > r_2$, während die Fahrbahn B, ebenso wie A, immer möglich ist.

Im folgenden sind an dem Beispiel E r d e—V e n u s die in Abb. 44 angegebenen Verbindungsbahnen A, B, C und noch zwei Zwischenlinien D und E miteinander verglichen. Abb. 44 ist für die Fahrt Erde—Venus vom Nordhimmel aus, für die Fahrt Venus—Erde vom

Südhimmel aus betrachtet zu denken. Von den etwas umständlichen Berechnungen sind nur die wichtigsten Ergebnisse zusammengestellt.

Fahrbahn	Kreuzung mit						Zentriwinkel $\Delta\varphi°$	Fahrtdauer t Tage
	Erdbahn $r_I = 149.10^6$ km $v_I = 29{,}7$ km/sek			Venusbahn $r_{II} = 108\,10^6$ km $v_{II} = 35$ km/sek				
	Kreuzungs-Winkel $\alpha_1°$	Fahrzeug-Geschwindigkeit v_1	Relativ-Geschwindigkeit Δv_1	Kreuzungs-Winkel $\alpha_2°$	Fahrzeug-Geschwindigkeit v_2	Relativ-Geschwindigkeit Δv_2		
A	0	27,3	2,4	0	37,6	2,6	180	146
B	$15^3/_4$	29,7	8,2	0	39,5	4,5	$105^3/_4$	75
C	0	23,4	6,3	$22^3/_4$	35	13,8	$67^1/_4$	69
D	0	26,7	3.0	$8^1/_6$	37,25	5,65	$124^1/_4$	109
E	$10^3/_4$	28,4	5,6	0	38,5	3,5	$54^1/_8$	102

F a h r b a h n A berührt Erd- u n d Venusbahn. An beiden Planeten sind demnach nur Geschwindigkeitsänderungen, keine Richtungsänderungen erforderlich. Der Einfluß der Auspuffgeschwindigkeit c auf die Massenverhältniszahlen $\mu = \nu \cdot e^{\frac{\Delta v}{c}}$ geht aus der nachstehenden Zusammenstellung hervor. Kleinere Werte als $c = 3$ km/sek kommen für größere Raumfahrten nicht in Betracht, größere als $c = 5$ km/sek sind vorläufig kaum erreichbar. Der Wert $c = 10$ km/sek dient nur als theoretischer Vergleichswert:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	2,46	2,00	1,77	1,40	
$\mu_2 =$	2,61	2,10	1,84	1,42	

F a h r b a h n B berührt die Venusbahn und kreuzt die Erdbahn mit Erdgeschwindigkeit; also bei der Erde nur Richtungsänderung, bei der Venus nur Geschwindigkeitsänderung erforderlich. Die zugehörigen Massenverhältniszahlen μ sind:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	4,9	3,5	2,7	1,7	
$\mu_2 =$	16,8	8,5	5,6	2,5	

F a h r b a h n C berührt die Erdbahn und kreuzt die Venusbahn mit Venusgeschwindigkeit; also bei der Erde nur Geschwindigkeits-, bei der Venus nur Richtungsänderung erforderlich. Als Massenverhältniszahlen μ ergeben sich die folgenden:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	8,9	5,3	3,9	2,1	
$\mu_2 =$	110	33	17,4	4,4	

Fahrbahn D berührt die Erdbahn und kreuzt die Venusbahn mit größerer als Venusgeschwindigkeit; bei der Erde ist mithin nur Geschwindigkeitsänderung, bei der Venus Richtungs- und Geschwindigkeitsänderung erforderlich. Für μ ergibt sich:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	3,0	2,3	2,0	1,5	
$\mu_2 =$	7,3	4,5	3,4	1,9	

Fahrbahn E berührt die Venusbahn und kreuzt die Erdbahn mit geringerer als Erdgeschwindigkeit; bei der Venus also nur Geschwindigkeits-, bei der Erde Geschwindigkeits- und Richtungsänderung erforderlich. Für μ ergibt sich:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	7,1	4,45	3,35	1,92	
$\mu_2 =$	3,5	2,6	2,2	1,55	

Um den Vergleich auf einheitlicher Grundlage durchführen zu können, soll — bei sehr vorsichtiger Schätzung — ein mit drei Personen bemanntes Fahrzeug mit einem Endgewicht G_2 von 6 t (einschließlich Bemannung, aber ausschließlich Vorräte und Betriebsstoff) und ein täglicher Vorratsverbrauch von 0,03 t/Tag (= 10 kg) Mann und Tag angenommen werden.

Unter Benutzung der vorstehenden Zusammenstellungen ergeben sich dann die Anfangsgewichte G_1, einschließlich der erforderlichen Triebstoffmasse und der unterwegs benötigten Vorräte) wie folgt:

I. In der Fahrtrichtung Erde—Venus

auf Fahrbahn	für $c =$	3	4	5	10	km/sek
A	$G_1 = (6 \cdot \mu_2 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_1 =$	49	34	27	18	t
B	$G_1 = (6 \cdot \mu_2 + 75 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_1 =$	530	200	104	31	t
C	$G_1 = (6 \cdot \mu_2 + 69 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_1 =$	5900	1060	417	60	t
D	$G_1 = (6 \cdot \mu_2 + 109 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_1 =$	141	70	48	22	t
E	$G^1 = (6 \cdot \mu_2 + 102 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_1 =$	172	83	55	24	t

II. In der Fahrtrichtung Venus—Erde

auf Fahrbahn	für $c =$	3	4	5	10	km/sek
A	$G_1 = (6\mu_1 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_2 =$	50	35	28	18	t
B	$G_1 = (6\mu_1 + 75 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_2 =$	500	186	96	29	t
C	$G_1 = (6\mu_1 + 69 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_2 =$	6050	1110	440	65	t
D	$G_1 = (6\mu_1 + 109 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_2 =$	156	77	53	23	t
E	$G_1 = (6\mu_1 + 102 \cdot 0{,}03) \cdot \mu_2 =$	161	77	51	23	t

Die beiden letzten Zusammenstellungen zeigen, daß die Fahrbahn A mit der längsten Fahrzeit die weitaus günstigsten Verhältnisse liefert, während die Fahrten B oder gar C mit den kürzesten Fahrzeiten ganz aus dem Rahmen fallen. Nur bei sehr hohen Auspuffgeschwindigkeiten c könnte, wie die letzte Spalte vermuten läßt, die Route A gegenüber den zeitlich kürzeren Routen ihren Vorrang verlieren. Verbindungen mit noch kürzeren Fahrzeiten als bei B und C würden noch weit ungünstigere Verhältnisse ergeben.

Daß auch ein geringeres Fahrzeuggewicht an diesen Verhältnissen nicht viel ändert, zeigt die folgende Zusammenstellung, die sich auf den Grenzfall eines Endgewichtes von Null statt 6 t bezieht:

I. Fahrtrichtung Erde—Venus.

auf Fahrbahn	Grenzfall für $c =$	5	10	km/sek
A	$G_1 = 146 \cdot 0{,}03 \cdot \mu_1 =$	7,7	6,1	t
D	$G_1 = 109 \cdot 0{,}03 \cdot \mu_1 =$	6,6	5,0	t
E	$G_1 = 102 \cdot 0{,}03 \cdot \mu_1 =$	10,3	5,9	t

II. Fahrtrichtung Venus—Erde.

auf Fahrbahn	Grenzfall für $c =$	5	10	km/sek
A	$G_1 = 146 \cdot 0{,}03 \cdot \mu_2 =$	8,0	6,3	t
D	$G_1 = 109 \cdot 0{,}03 \cdot \mu_2 =$	11,1	6,2	t
E	$G_1 = 102 \cdot 0{,}03 \cdot \mu_2 =$	6,7	4,7	t

Der durchgeführte Vergleich lehrt also, daß die günstigste Fahrtroute diejenige ist, welche die beiden Planetenbahnen berührt, aber nicht schneidet. Dies Ergebnis gilt zunächst nur für die untersuchte Verbindung zwischen Erde und Venus, kann jedoch unbedenklich auch auf die Verbindung zwischen Erde und Mars angewendet werden, da die Marsbahn mit $r = \sim 220 \cdot 10^6$ km ungefähr ebenso weit außerhalb der Erdbahn mit $r = 149 \cdot 10^6$ km verläuft wie die Erdbahn außerhalb der Venusbahn mit $r = 108 \cdot 10^6$ km.

Dagegen muß die Verbindung mit dem Jupiter wegen seines großen Sonnenabstandes von durchschnittlich $775 \cdot 10^6$ km noch besonders untersucht werden, da anzunehmen ist, daß bei der großen Entfernung eine Zeitersparnis von ausschlaggebenderem Einfluß auf den Betriebsstoffverbrauch sein könnte als bei kleineren Entfernungen. Die Untersuchung geschieht in gleicher Weise wie bei der Venusfahrt, jedoch genügt ihre Ausdehnung auf die in Abb. 45 angegebenen drei Fälle A, B, E, da aus der größeren Annäherung an die Sonne geschlossen werden kann, daß die die innere Planetenbahn schneidenden Verbindungsrouten die ungünstigeren sind.

Fahrbahn	Kreuzung mit						Zentriwinkel $\Delta\varphi^0$	Fahrtdauer t Tage
	Erdbahn $r_\mathrm{I} = 149 \cdot 10^6$ km, $v_\mathrm{I} = 29{,}7$ km/sek			Jup.-Bahn $r_\mathrm{II} = 775 \cdot 10^6$ km, $v_\mathrm{II} = 13$ km/sek				
	Kreuzungswinkel $\alpha_1{}^0$	Fahrzeuggeschwindigkeit v_1	Relativgeschwindigkeit Δv_1	Kreuzungswinkel $\alpha_2{}^0$	Fahrzeuggeschwindigkeit v_2	Relativgeschwindigkeit Δv_2		
A	0	38,5	8,8	0	7,4	5,6	180	997
B	0	40	10,3	$53^3/_4$	13	11,75	$143^3/_4$	521
E	0	39,2	9,5	44	10,5	9,2	154	618

Fahrbahn A berührt Erdbahn und Jupiterbahn; zugehörige Massenverhältnisse $\mu = \nu \cdot e^{\frac{\Delta v}{c}}$:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	20,5	9,9	6,4	2,65	
$\mu_2 =$	7,1	4,5	3,3	1,9	

Fahrbahn B berührt die Erdbahn und schneidet die Jupiterbahn mit Jupitergeschwindigkeit; zugehörige Verhältniszahlen μ:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	34	14	8,6	3,1	
$\mu_2 =$	55	21	11,5	3,6	

Fahrbahn E berührt die Erdbahn und schneidet die Jupiterbahn mit geringerer als Jupitergeschwindigkeit; zugehörige Werte μ:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	26	11,7	7,4	2,9	
$\mu_2 =$	23,2	11,0	7,0	2,8	

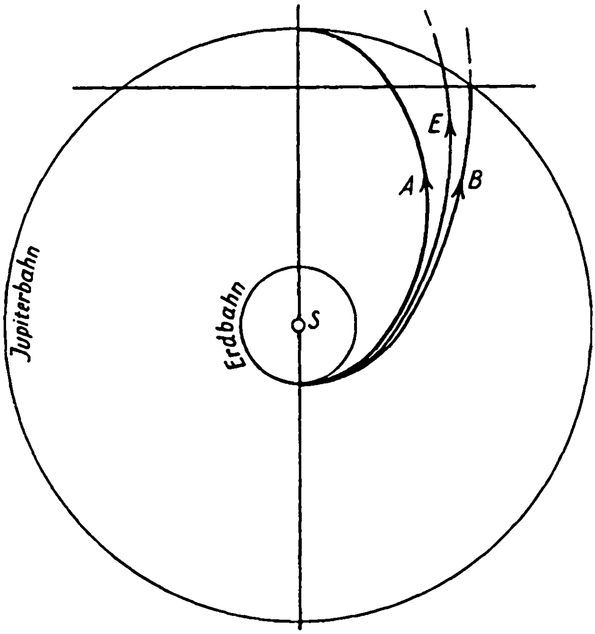


Abb. 45.

Bei Annahme des gleichen Fahrzeugendgewichtes von 6 t wie bei der Venusfahrt würden sich bei der Jupiterfahrt folgende Anfangsgewichte ergeben:

I. In der Fahrtrichtung Erde—Jupiter.

auf Fahrbahn	für $c =$	3	4	5	10	
A	$G_1 = (6\,\mu_2 + 997 \cdot 0{,}03)\,\mu_1 =$	1485	565	318	110	t
B	$G_1 = (6\,\mu_2 + 521 \cdot 0{,}03)\,\mu_1 =$	11700	1960	670	114	t
E	$G_1 = (6\,\mu_2 + 618 \cdot 0{,}03)\,\mu_1 =$	4120	1020	448	103	t

II. In der Fahrtrichtung Jupiter—Erde:

auf Fahrbahn	für $c =$	3	4	5	10	
A	$G_1 = (6\,\mu_1 + 997 \cdot 0{,}03)\,\mu_2 =$	1080	403	216	87	t
B	$G_1 = (6\,\mu_1 + 521 \cdot 0{,}03)\,\mu_2 =$	12050	2080	770	120	t
E	$G_1 = (6\,\mu_1 + 618 \cdot 0{,}03)\,\mu_2 =$	4050	1010	445	100	t

Der Vergleich fällt auch hier, solange Auspuffgeschwindigkeiten bis einschließlich 5 km/sek in Betracht kommen, zugunsten der beide Planetenbahnen berührenden Fahrbahn A aus. Erst bei $c = 10$ km/sek würde die Fahrbahn E vorteilhafter sein. Wird dagegen unter sonst gleichen Verhältnissen ein Endgewicht von nur 2 t statt 6 t vorausgesetzt, so stimmen bei der Fahrt Erde—Jupiter die Anfangsgewichte schon bei $c = 5$ km/sek annähernd überein. Indessen würde gerade bei dieser weiten Fahrt ein so geringes Eigengewicht kaum in Frage kommen.

Als Ergebnis der Voruntersuchungen kann also übereinstimmend festgestellt werden, daß tatsächlich bei Verwendung der zurzeit überhaupt in Betracht kommenden Raketentriebstoffe für alle Planetenfahrten diejenige Reiseroute am günstigsten ist, welche die Bahnen der beiden zu verbindenden Planeten nur berührt, aber nicht schneidet. Andere, entsprechend kürzere Reiserouten werden erst dann in den Bereich der Ausführbarkeit treten, wenn ein Raketentriebstoff von mindestens 10 km/sek Auspuffgeschwindigkeit gefunden sein wird. Diese Feststellung bereitet eine gewisse Enttäuschung; denn sie begründet die Notwendigkeit einer verhältnismäßig langen Reisedauer. Sie wird von manchen geradezu als Hindernis für einen Verkehr zwischen den Planeten betrachtet. Ein solches Bedenken mutet aber doch allzu anspruchsvoll an: Denn was bedeuten schließlich z. B. 146 Reisetage zur Venus, wenn noch vor wenigen Jahrzehnten Jule Vernes „Reise um die Erde in 80 Tagen" als eine Art Utopie gelten konnte? — Andererseits erfreut gerade die als zweckmäßig erkannte Fahrbahn durch die besondere Einfachheit ihrer Berechnung, deren Grundzüge bereits auf Seite 183 angegeben wurden.

Bei einer einfachen Fahrt von einem Planeten I mit dem Sonnenabstand r_I und der Bahngeschwindigkeit $v_I = \sqrt{\frac{M}{r_I}}$ zu einem andern

Planeten mit r_{II} und $v_{II} = \sqrt{\frac{M}{r_{II}}}$ würden demnach folgende Hauptabschnitte zu beachten sein:

1. eigentlicher Aufstieg vom Planeten I, wie im Kapitel „Grundprobleme der Raumschiffahrt“ ausführlich behandelt;
2. tangentiale Abzweigung von der Planetenbahn I durch Änderung der Bahngeschwindigkeit von v_I auf $v_1 = \sqrt{\frac{2M}{r_I + r_{II}} \cdot \frac{r_{II}}{r_I}} = v_I \sqrt{\frac{2 r_{II}}{r_I + r_{II}}}$, also um $\Delta v_1 = v_1 - v_I = v_I \left(\sqrt{\frac{2 r_{II}}{r_I + r_{II}}} - 1 \right)$[1];
3. freie Kometenfahrt um die Sonne in einer halben Ellipse mit der großen Achse $\frac{r_I + r_{II}}{2}$ während der Zeitdauer
$$t = \pi \sqrt{\frac{\left(\frac{r_I + r_{II}}{2}\right)^3}{M}};$$
4. tangentiales Einschwenken in die Planetenbahn II durch Änderung der Fahrgeschwindigkeit von $v_2 = v_1 \cdot \frac{r_I}{r_{II}}$ auf v_{II}, also um $\Delta v_2 = v_{II} - v_2 = v_{II} \left(1 - \sqrt{\frac{2 r_I}{r_I + r_{II}}} \right)$;
5. eigentliche Landung auf dem Planeten II, die am Schlusse dieses Kapitels noch näher zu besprechen sein wird.

Das $+$- oder $-$-Vorzeichen von Δv gibt an, ob die Fahrt zu beschleunigen oder zu verzögern ist, die Massenausstrahlung also nach hinten oder nach vorne im Sinne der Fahrt zu erfolgen hat.

Angewendet auf die Fahrt Erde—Venus hatten wir bereits gefunden:

$$\Delta v_1 = 29{,}7 \left(\sqrt{\frac{2 \cdot 108}{149 + 108}} - 1 \right) = -\,2{,}4 \text{ km/sek},$$

$$\Delta v_2 = 35 \left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot 149}{149 + 108}} \right) = +\,2{,}6 \text{ km/sek},$$

$$t = \pi \sqrt{\frac{\left(\frac{149 + 108}{2}\right)^3 \cdot 10^{18}}{132\,000 \cdot 10^6}} = 12{,}6 \cdot 10^6 \text{ sek} = 146 \text{ Tage}.$$

[1] Die Teilmanöver 1. und 2. können im Interesse der Brennstoffersparnis auch zu einem einzigen Startmanöver zusammengefaßt werden (s. S. 206).

Hinzuzufügen ist noch, daß die selbständige Kometenfahrt in dem Augenblicke beginnen muß, in welchem die Venus so weit im Sinne der Planetenbewegung hinter der Erde steht, daß sie nach den vorgesehenen 146 Tagen auch tatsächlich von dem Fahrzeug erreicht wird. Da die Venus sich in ihrer Bahn um die Sonne mit einer Winkelgeschwindigkeit von $\frac{360^0}{225\ \mathrm{Tg}} = 1{,}6\,^0/\mathrm{Tg}$ bewegt, während der Zeitdauer von 146 Tagen also einen Bogen von $146 \cdot 1{,}6 = 233{,}6^0$ beschreibt, so muß sie zurzeit der Abzweigung des Fahrzeuges aus der Erdbahn um einen Zentriwinkel von $\zeta_1 = 233{,}6 - 180 = 53{,}6^0$ hinter der Erde zurückstehen. Hiernach richtet sich der Zeitpunkt der Abfahrt von der Erde. Umgekehrt ist der Zentriwinkel, um welchen bei Ankunft des Fahrzeuges am Ziele die mit einer Winkelgeschwindigkeit von $\frac{360^0}{365\ \mathrm{Tg}} = 0{,}987\,^0/\mathrm{Tg}$ sich fortbewegende Erde gegenüber der Venus zurückgeblieben ist, $\zeta_2 = 180 - 146 \cdot 0{,}987 = 36^0$.

Eine Reise zum Merkur dürfte wegen seiner großen Sonnennähe nur für besondere Wärmeliebhaber in Frage kommen. Sein mittlerer Sonnenabstand beträgt $r_{\mathrm{II}} = 58 \cdot 10^6$ km, seine mittlere Bahngeschwindigkeit $v_{\mathrm{II}} = 47{,}8$ km/sek, seine Umlaufszeit 88 Tage, also die mittlere Winkelgeschwindigkeit seiner Bahn $\frac{360}{88} = 4{,}1^0/\mathrm{Tg}$. Unter Annahme einer kreisförmigen Planetenbahn mit diesen mittleren Werten (in Wirklichkeit ist sie eine ziemlich stark exzentrische Ellipse) ergeben sich folgende Merkmale für die Reise:

$$\text{Reisedauer } t = \pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{149+58}{2}\right)^3}{132000}} \cdot 10^6 = 9{,}1 \cdot 10^6 \text{ sek} = 105 \text{ Tage};$$

Geschwindigkeitsänderung bei tangentialer Abzweigung aus der Erdbahn

$$\varDelta v_1 = 29{,}7\left(\sqrt{\frac{2 \cdot 58}{149+58}} - 1\right) = -7{,}5 \text{ km/sek};$$

Geschwindigkeitsänderung bei tangentialer Einschwenkung in die Merkurbahn

$$\varDelta v_2 = 47{,}8\left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot 169}{149+58}}\right) = +9{,}1 \text{ km/sek};$$

zugehörige Massenverhältnisse $\mu = \nu \cdot e^{\frac{\varDelta v}{c}}$:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	13,4	7,2	4,9	2,3	
$\mu_2 =$	22,8	10,7	6,8	2,7	

Zentriwinkel, um welchen im Augenblick der Abzweigung Merkur gegen die Erde zurückstehen muß:

$$\zeta_1 = 105 \cdot 4{,}1 - 180 = 250^{\circ};$$

(also in Wirklichkeit $360 - 250 = 110^{\circ}$ der Erde voraus!).

Zentriwinkel, um welchen am Ende der Reise die Erde gegenüber dem Merkur zurückgeblieben ist:

$$\zeta_2 = 180 - 105 \cdot 0{,}987 = 76^{\circ}.$$

Der Planet Mars beschreibt ebenfalls eine merklich exzentrische Bahn um die Sonne (größter Sonnenabstand $= 248 \cdot 10^6$ km, kleinster $= 205 \cdot 10^6$ km). Wird auch hier der Einfachheit wegen wieder eine Kreisbahn zugrunde gelegt, so ist anzunehmen als mittlerer Sonnenabstand $r_{II} = 227 \cdot 10^6$ km, als mittlere Bahngeschwindigkeit $v_{II} = 24$ km/sek und bei der 686 Tage betragenden Umlaufszeit eine Winkelgeschwindigkeit seiner Bahn von $\frac{360}{686} = 0{,}525^{\circ}/\text{Tg}$. Als Reisemerkmale ergeben sich somit:

$$\text{Reisedauer } t = \pi \sqrt{\frac{\left(\frac{149+227}{2}\right)^3}{132000}} \cdot 10^6 = 22{,}3 \cdot 10^6 \text{ sek} = 258 \text{ Tage};$$

Geschwindigkeitsänderungen

$$\varDelta v_1 = 29{,}7\left(\sqrt{\frac{2 \cdot 227}{149+227}} - 1\right) = +\,3{,}3 \text{ km/sek};$$

$$\varDelta v_2 = 24\left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot 149}{149+227}}\right) = -\,2{,}4 \text{ km/sek};$$

zugehörige Massenverhältnisse μ:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	3,3	2,5	2,1	1,5	
$\mu_2 =$	2,4	2,0	1,8	1,4	

In diesem Falle muß Mars als äußerer Planet von dem Fahrzeug eingeholt werden, da er sich mit geringerer Winkelgeschwindigkeit um die Sonne bewegt. Während der 258tägigen Reise beschreibt Mars einen Bogen von $258 \cdot 0{,}525 = 135{,}5^0$; sein **Vorsprung** gegenüber der Erde im Augenblicke der Abzweigung müßte also betragen $\zeta_1 = 180 - 135{,}5 = 44{,}5^0$, während am Ende der Reise die Erde ihn überholt hat um einen Winkel $\zeta_2 = 258 \cdot 0{,}987 - 180 = 75^0$.

Bei Jupiter, dessen große Anziehungsmasse und mutmaßliche Oberflächenbeschaffenheit eine Landung ausschließt, könnte allenfalls ein Besuch eines seiner etwa merkurgroßen Monde in Frage kommen. Die Jupiterbahn hat einen mittleren Radius von $775 \cdot 10^6$ km, der Planet eine Bahngeschwindigkeit von 13 km/sek, eine Umlaufszeit von rund 4330 Tagen, also eine Winkelgeschwindigkeit von $\frac{360}{4330} =$ $0{,}083^0$/Tag. Daraus ergeben sich für die Fahrbahn die bereits oben angegebenen Merkmale

$$\text{Reisedauer } t = \pi \sqrt{\frac{\left(\frac{149+775}{2}\right)^3}{132000}} \cdot 10^6 = 86 \cdot 10^6 \text{ sek} = 997 \text{ Tage};$$

Geschwindigkeitsänderungen

$$\Delta v_1 = 29{,}7\left(\sqrt{\frac{2 \cdot 775}{149+775}} - 1\right) = +8{,}8 \text{ km/sek},$$

$$\Delta v_1 = 13\left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot 149}{149+775}}\right) = -5{,}6 \text{ km/sek}.$$

Während der 997tägigen Reise beschreibt Jupiter einen Winkel von $997 \cdot 0{,}083 = 82{,}6^0$; für den Zeitpunkt der Abzweigung ist also eine Jupiterstellung maßgebend von $\zeta_1 = 180 - 82{,}6 = 97{,}4^0$ als Vorsprung vor der Erde im Sinne der Planetenbewegung. Am Ende der Reise hat die Erde einen Bogen beschrieben von $997 \cdot 0{,}987 = 984^0$, den Jupiter also überholt um $\zeta_2 = 984 - 180 = 804^0$, d. h. um zwei volle Umdrehungen $+ 84^0$.

Handelt es sich um die Rückkehr von einem Planeten zur Erde, so kann natürlich nicht die gleich gelegene Verbindungskurve in umgekehrter Richtung benützt werden, sondern wegen der Übereinstimmung mit dem allgemeinen Drehsinn der Planetenbewegung irgendeine symmetrisch dazu gelegene Halbellipse. Im übrigen ändert sich bei gleichbleibender Fahrzeit nur die Reihenfolge der vorzunehmenden Geschwindigkeitsänderungen, und bei der Abzweigung von der betreffenden Planetenbahn ist jetzt die jeweils angegebene Größe des Zentriwinkels ζ_2 abzuwarten, wobei wieder die Erde gegenüber dem inneren Planeten bzw. der äußere Planet gegenüber der Erde den entsprechenden Vorsprung haben muß.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß nach glücklich erfolgter Ankunft an dem fremden Planeten die Rückreise nicht sofort oder etwa nach beliebig kurzem Aufenthalt wieder angetreten werden kann, sondern daß der für die Heimfahrt geeignete Moment geduldig abgewartet werden muß. Die Wartezeit ist für die einzelnen Fälle folgendermaßen zu ermitteln:

Bei Ankunft des Fahrzeuges an der Venus war die Erde um einen Zentriwinkel $\zeta_2 = 36^0$ zurück geblieben; bei der Wiederabfahrt muß sie daher einen Vorsprung von $\zeta_2 = 36^0$ haben. Während der Wartezeit muß also der Venus Gelegenheit gegeben werden, gegenüber der langsamer laufenden Erde einen Gesamtwinkel von $360 - 2 \cdot 36 = 288^0$ zu gewinnen. Da sie gegenüber der Erde täglich einen Winkel von $1{,}60 - 0{,}987 = 0{,}613^0$ gewinnt, so braucht sie zu dem Gesamtgewinn $\frac{288}{0{,}613} = 470$ Erdentage. Hin- und Rückfahrt zusammen würden also die beträchtliche Zeit von $146 + 470 + 146 =$ **762 Tagen** = rund 2,1 Jahre in Anspruch nehmen. Während der 470tägigen Wartezeit beschreibt Venus einen Bogen von $470 \cdot 1{,}6 = 752^0 = 2 \cdot 360 + 32^0$.

Für einen Besuch bei Merkur berechnet sich in gleicher Weise die Wartezeit mit Hilfe von $\zeta_2 = 76^0$ und den zugehörigen Winkelgeschwindigkeiten von 4,1 bzw. $0{,}987^0$/Tag zu $\frac{360 - 2 \cdot 76}{4{,}10 - 0{,}987} = 67$ Tagen, die Gesamtreisedauer also zu $105 + 67 + 105 =$ **277 Tagen.** Während der 67tägigen Wartezeit beschreibt Merkur einen Bogen von $67 \cdot 4{,}1 = 275^0$ $(= 180 + 95^0)$.

Bei Mars erfolgte die Ankunft mit einem Vorsprung der Erde um $\zeta_2 = 75^0$, die Abfahrt verlangt also einen ebenso großen Vorsprung des langsamer laufenden Mars. Während der Wartezeit muß jetzt die Erde Gelegenheit haben, dem Mars gegenüber einen Gesamtwinkel von $360 - 2 \cdot 75 = 210^0$ zu gewinnen; sie gewinnt täglich einen Winkel von $0{,}987 - 0{,}525 = 0{,}462^0$, benötigt also zu dem Gesamtgewinn $\frac{210}{0{,}462} = 455$ Tage. Die Gesamtreisedauer beträgt demnach $258 + 455 + 258 = 971$ Tage $= \sim 2^2/_3$ Jahre. Während der 455tägigen

Wartezeit beschreibt Mars einen Bogen von $455 \cdot 0{,}525 = 239^{\circ}$ $(= 180 + 59^{\circ})$.

Schließlich bei Jupiter: Zur Zeit der Fahrzeugankunft steht die Erde 84° vor Jupiter, zur Zeit der Abfahrt soll sie also 84° hinter ihm stehen. Die Erde muß demnach Gelegenheit haben, gegenüber Jupiter $360 - 2 \cdot 84 = 192^{\circ}$ zu gewinnen; da sie täglich $0{,}987 - 0{,}083 = 0{,}904^{\circ}$ gewinnt, braucht sie dazu $\frac{192}{0{,}904} = 213$ Tage. Während dieser Wartezeit legt Jupiter einen Bogen zurück von $213 \cdot 0{,}083 = 17{,}7^{\circ}$. Die ganze Reisedauer würde betragen

$$997 + 213 + 997 = 2207 \text{ Tage} = 6{,}04 \text{ Jahre.}$$

Inwiefern tatsächlich eine Landung auf dem betreffenden fremden Planeten möglich ist, wird später untersucht werden. Zu einer allgemeinen Orientierung über seine Beschaffenheit wird in vielen Fällen schon ein längeres Verweilen in seiner Nähe genügen. Grundsätzlich unterscheidet sich dieser Fall nicht von einer Hin- und Rückreise mit Landung; notwendig ist nur, daß unser Fahrzeug während der besprochenen Wartezeit jetzt in der Nähe des Planeten festgehalten wird dadurch, daß man es zwingt, ihn zu umkreisen. Bleibt man dabei dem Planeten, um sich nicht allzusehr seiner Anziehungskraft auszusetzen, genügend fern, so wird es bei geschickter Steuerung möglich sein, mit den oben berechneten Geschwindigkeitsänderungen Δv_2 nicht nur auszukommen, sondern sie sogar noch zu vermindern und dadurch an Betriebsstoffaufwand zu sparen. Erreicht man z. B., von der Erde kommend, den Planeten mit der Relativgeschwindigkeit Δv_2, so wird man ohndies zur Vermeidung des Zusammenprallens nicht genau in der Planetenbahn, sondern nach Abb. 46 etwas außerhalb oder innerhalb derselben zu bleiben suchen. Einige Tausend Kilometer Abstand haben gegenüber dem Sonnenabstand von ebensoviel Millionen Kilometer auf die allgemeine Reiseroute ja keinen merklichen Einfluß. Würde nun im Augenblicke der Vorüberfahrt die Relativgeschwindigkeit Δv_2 ganz beseitigt, so würde das Fahrzeug zum Planeten in ra-

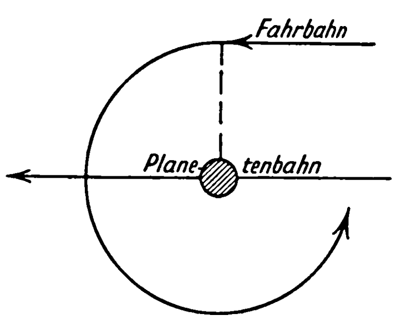


Abb. 46.

dialer Richtung abstürzen. Soll dagegen der Planet umkreist werden, so muß das Fahrzeug eine bestimmte tangentiale Geschwindigkeit beibehalten, die erforderliche Geschwindigkeitsänderung wird also kleiner als Δv_3, der Betriebsstoffaufwand also ebenfalls entsprechend geringer sein. Ebenso wird bei der Abfahrt schon eine bestimmte tangentiale Geschwindigkeit infolge der Kreisbewegung vorhanden sein, die im geeigneten Augenblicke wieder auf die zur Abzweigung von der Planetenbahn erforderliche Relativgeschwindigkeit Δv_2 angerechnet werden kann und somit wiederum zur Betriebsstoffersparnis beiträgt. Man hat es in der Hand, den Durchmesser und damit die Zahl der Umkreisungen so einzurichten, wie es die vorgesehene Wartezeit und Abfahrtsrichtung erfordert. Wird eine solche Rundfahrt ohne Zwischenlandung in Aussicht genommen, so ist natürlich der zur Rückfahrt erforderliche Bedarf an Betriebsstoff und sonstigem Vorrat gleich beim Aufstieg von der Erde mitzunehmen.

Infolgedessen ist die früher gemachte Feststellung über die günstigste Reiseroute nicht ohne weiteres auch auf diesen Fall übertragbar. Vielmehr muß der Massenaufwand jetzt unter Berücksichtigung der Wartezeit folgendermaßen ermittelt werden: Bezeichnet wie früher Δv_1 die Relativgeschwindigkeit zwischen Fahrzeug und Erde, Δv_2 zwischen Fahrzeug und dem zu besuchenden Planeten, G_1 das Anfangsgewicht des Fahrzeuges einschl. Insassen, Proviant und Betriebsmasse vor dem Verlassen der Erdbahn, ΔG das Gewicht des täglichen Vorratsverbrauches, ferner t_1 die Dauer der Hinfahrt, t_2 die Wartezeit am Planeten, $t_3 = t_1$ die Dauer der Rückfahrt und G_2 jetzt das Endgewicht nach Wiedereintritt in die Erdbahn (nicht wie früher nach Einschwenken in die Bahn des Zielplaneten), so ist das Gewicht unmittelbar vor dem Einschwenken in die Erdbahn $G_2 \cdot \mu_1$, unmittelbar nach Abzweigung von der Planetenbahn $G_2 \cdot \mu_1 + \Delta G \cdot t_3$, unmittelbar vor dieser Abzweigung $(G_2 \cdot \mu_1 + \Delta G \cdot t_3) \cdot \mu_2$, vor Ablauf der Wartezeit und nach Einschwenken in die Planetenbahn $(G_2 \cdot \mu_1 + \Delta G \cdot t_3) \mu_2 + \Delta G \cdot t_2$, vor dem Einschwenken

$$[(G_2 \mu_1 + \Delta G \cdot t_3) \mu_2 + \Delta G \cdot t_2] \mu_2 ,$$

unmittelbar nach Abzweigung von der Erdbahn

$$[(G_2 \mu_1 + \Delta G \cdot t_3) \mu_2 + \Delta G \cdot t_2] \cdot \mu_2 + \Delta G \cdot t_1 ,$$

vor dieser Abzweignng also

$$G_1 = \{[(G_2 \mu_1 + \Delta G \cdot t_3) \mu_2 + \Delta G \cdot t_2] \cdot \mu_2 + \Delta G \cdot t_1\} \cdot \mu_1 .$$

Nach Ermittlung der jeweiligen Wartezeit t_2 läßt sich z. B. für die früher untersuchten Fahrbahnen A bis D zur Venus mit Hilfe der damals angegebenen Werte für ΔG, Δv_1, Δv_2 und $t_1 = t_3$ die Vergleichsrechnung für die Anfangsmassen leicht durchführen. Die Wartezeit beträgt dabei:

im Falle A, wie schon mitgeteilt,

$$t_2 = \frac{360-2(180-146\cdot 0{,}987)}{1{,}60-0{,}987} = 470 \text{ Tage}$$

und dementsprechend

im Falle B: $t_2 = \frac{360-2(180-75\cdot 0{,}987)}{1{,}60-0{,}987} = 242$ „

im Falle C: $t_2 = \frac{360-2(180-69\cdot 0{,}987)}{1{,}60\ 0{,}987} = 222$ „

im Falle D: $t_2 = \frac{360-2(180-109\cdot 0{,}987)}{1{,}60-0{,}987} = 352$ „

im Falle E: $t_2 = \frac{360-2(180-102\cdot 0{,}987)}{1{,}60-0{,}987} = 329$ „

Das jeweils erforderliche Anfangsgewicht ergibt sich bei einem Grenzwert der Auspuffgeschwindigkeit von $c = 5$ km/sek — wieder unter Annahme eines Endgewichtes von 6^t — gemäß nachstehender Zusammenstellung:

für Fahrbahn A:

$$G_1 = \{[(6\cdot 1{,}77 + 146\cdot 0{,}03)\cdot 1{,}84 + 470\cdot 0{,}03]\cdot 1{,}84 + 146\cdot 0{,}03\}\cdot 1{,}77 = 143^t;$$

für Fahrbahn B:

$$G_1 = \{[(6\cdot 5{,}6 + 75\cdot 0{,}03)\cdot 2{,}7 + 242\cdot 0{,}03]\cdot 2{,}7 + 75\cdot 0{,}03\}\cdot 5{,}6 = 1640^t;$$

für Fahrbahn C:

$$G_1 = \{[(6\cdot 3{,}9 + 69\cdot 0{,}03)\cdot 17{,}4 + 222\cdot 0{,}03]\cdot 17{,}4 + 69\cdot 0{,}03\}\cdot 3{,}9 = 30400^t;$$

für Fahrbahn D:

$$G_1 = \{[(6\cdot 2{,}0 + 109\cdot 0{,}03)\cdot 3{,}4 + 352\cdot 0{,}03]\cdot 3{,}4 + 109\cdot 0{,}03\}\cdot 2{,}0 = 434^t;$$

für Fahrbahn E:

$$G_1 = \{[(6\cdot 3{,}35 + 102\cdot 0{,}03)\cdot 2{,}2 + 329\cdot 0{,}03]\cdot 2{,}2 + 102\cdot 0{,}03\}\cdot 3{,}35 = 455^t.$$

Man ersieht daraus, daß selbst für den Grenzfall $c = 5$ km/sek auch hier die Verbindungslinie A (die also sowohl bei der Hin- wie bei der Rückfahrt beide Planetenbahnen berührt, nicht schneidet) die bei weitem günstigste Verbindung darstellt.

Freilich ist nicht zu leugnen, daß alle diese Rundreisen mit Ausnahme derjenigen zum Merkur eine unbefriedigend lange Fahrtdauer bedingen. Deshalb tritt die Frage auf, ob bei annähernd gleichbleibendem Betriebsstoffaufwand ein solcher Planetenbesuch ohne Landung nicht irgendwie abgekürzt werden kann. Die Möglichkeit ergibt sich — wenigstens für erdnahe Planeten — aus Abb. 47.

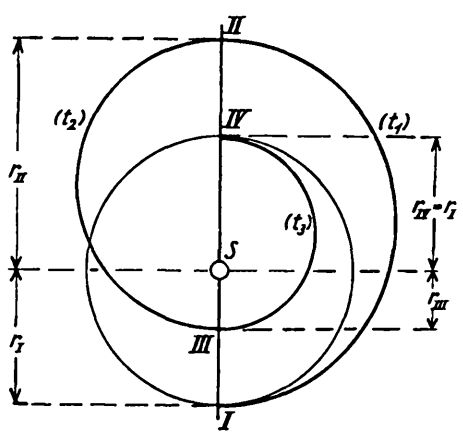


Abb. 47.

Ist, von der Erdbahn in Punkt I ausgehend, ein Planet II auf der als zweckmäßig erkannten Halbellipsenbahn I—II erreicht worden, so braucht die Rückkehr nicht erst nach Ablauf der erforderlichen Wartezeit von dem Planeten aus auf direktem Wege zu erfolgen, sondern sie kann sofort angetreten werden, wenn dazu ein Umweg über Punkt III eingeschlagen wird mittels zweier weiteren Halbellipsen II—III und III—IV. Punkt III ist so zu wählen, daß Fahrzeug und Erde tatsächlich gleichzeitig in Punkt IV eintreffen. Wird die Gesamtfahrzeit hierbei mit T, die Zeiten zum Durchfahren der drei halben Ellipsenumfänge mit t_1, t_2, t_3 bezeichnet, ferner mit r_I, r_{II}, r_{III}, r_{IV} die zu den Punkten I, II, III, IV gehörigen Sonnenabstände (wobei als Erdbahnradius $r_{IV} = r_I$ ist), so sind die großen Achsen der drei Halbellipsen:

$$a_1 = \frac{r_I + r_{II}}{2}; \quad a_2 = \frac{r_{II} + r_{III}}{2}; \quad a_3 = \frac{r_{III} + r_I}{2};$$

daraus folgt $$a_3 - a_2 = \frac{r_I - r_{II}}{2};$$

ferner muß sein $$t_3 + t_2 = T - t_1,$$

oder $$\pi\sqrt{\frac{a_3^3}{M}} + \pi\sqrt{\frac{a_2^3}{M}} = T - t_1.$$

Man hat also zur Bestimmung von a_3 und a_2 die beiden Gleichungen:

$$\sqrt{a_3^{\,3}} + \sqrt{a_2^{\,3}} = \frac{T - t_1}{\pi} \cdot \sqrt{M}$$

und
$$a_3 - a_2 = \frac{r_{\mathrm{I}} - r_{\mathrm{II}}}{2}.$$

Aus a_3 und a_2 folgt schließlich auch

$$r_{\mathrm{III}} = 2\,a_2 - r_{\mathrm{II}}.$$

Nach Abb. 47 kann die Gesamtfahrzeit T entweder $^1/_2$ oder $1^1/_2$ oder $2^1/_2$ usw. Jahre sein; zu wählen ist davon der kleinste Wert, der mit den Bestimmungsgleichungen noch vereinbar ist.

Auf die Fahrt Erde—Mars angewendet, ergibt sich z. B. mit $a_1 = \frac{149 + 227}{2} \cdot 10^6 = 188 \cdot 10^6$ km, $T = 1^1/_2$ Jahre $= 547$ Erdentage und $t_1 = 192$ Tage:

$$T - t_1 = 355 \text{ Tage} = 30{,}7 \cdot 10^6 \text{ sek};$$

also
$$\sqrt{a_2^{\,3}} + \sqrt{a_3^{\,3}} = \frac{30{,}7 \cdot 10^6}{\pi} \sqrt{132000 \cdot 10^6} = 3540000 \cdot 10^6$$

und
$$a_2 - a_3 = \frac{227 - 149}{2} \cdot 10^6 = 39 \cdot 10^6$$

Diesen beiden Gleichungen genügen die Werte

$$a_2 = 165{,}3 \cdot 10^6 \text{ km und } a_3 = 126{,}6 \cdot 10^6 \text{ km},$$

daraus
$$r_{\mathrm{III}} = (2 \cdot 165{,}3 - 227) \cdot 10^6 = 103{,}6 \cdot 10^6 \text{ km}.$$

Um das Fahrzeug in die gewünschten Ellipsenzweige zu lenken, sind unterwegs folgende Geschwindigkeitsänderungen Δv vorzunehmen:

Geschwindigkeit vor Abzweigung in I

= Erdbahngeschwindigkeit	v_1	$= 29{,}7$ km/sek
nach Abzweigung in I	$v_1' = \sqrt{\frac{264000}{376} \cdot \frac{227}{149}}$	$= 32{,}6$ „
	Δv_1	$= 2{,}9$ km/sek
bei Ankunft in II	$v_2 = 32{,}6 \cdot \frac{149}{227}$	$= 21{,}4$ km/sek
bei Abfahrt von II	$v_2' = \sqrt{\frac{264000}{330{,}6} \cdot \frac{103{,}6}{227}}$	$= 19{,}0$ „
	Δv_2	$= 2{,}4$ km/sek
bei Ankunft in III	$v_3 = 19{,}0 \cdot \frac{227}{103{,}6}$	$= 41{,}6$ km/sek

bei Abfahrt von III $\quad v_3' = \sqrt{\frac{264000}{252,6} \cdot \frac{149}{103,6}} = 38,8$ „

$\Delta v_3 = \quad 2,6$ km/sek

bei Ankunft in IV $\quad v_4 = 38,8 \cdot \frac{103,6}{149} = 26,5$ km/sek

nach Einschwenken in die Erdbahn $\quad v_4' = 29,7$ „

$\Delta v_4 = \quad 3,2$ km/sek

Den Geschwindigkeitsänderungen Δv entsprechen die Massenverhältnisse $\mu = \nu \cdot e^{\frac{\Delta v}{c}}$:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	2,9	2,3	2,0	1,5	
$\mu_2 =$	2,4	2,0	1,8	1,4	
$\mu_3 =$	2,6	2,1	1,8	1.4	
$\mu_4 =$	3,2	2,4	2,1	1,5	

Ferner ist $t_2 = \pi \sqrt{\frac{a_2^3}{M}} = 18,3 \cdot 10^6$ sek $= 212$ Tage

$t_3 = \pi \sqrt{\frac{a_3^3}{M}} = 12,3 \cdot 10^6$ sek $= 143$ Tage

$(t_2 + t_3 = 355$ Tage).

Der Betriebsstoffaufwand für die ganze spiralförmige Rundfahrt von der Erdbahn bis zur Erdbahn zurück berechnet sich unter den gleichen Annahmen für Endgewicht ($G_4 = 6^t$) und täglichen Proviantverbrauch ($\Delta G = 0,03^t$/Tag) wie früher:

für $c = 3$ | $G_1 = \{[(6 \cdot 3,2 + 143 \cdot 0,03) \cdot 2,6 + 212 \cdot 0,03] \cdot 2,4 + 192 \cdot 0,03\} \cdot 2,9 = 488^t$

„ $c = 4$ | $G_1 = \{[(6 \cdot 2,4 + 143 \cdot 0,03) \cdot 2,1 + 212 \cdot 0,03] \cdot 2,0 + 192 \cdot 0,03\} \cdot 2,3 = 233^t$

„ $c = 5$ | $G_1 = \{[(6 \cdot 2,1 + 143 \cdot 0,03) \cdot 1,8 + 212 \cdot 0,03] \cdot 1,8 + 192 \cdot 0,03\} \cdot 2,0 = 144^t$

„ $c = 10$ km/sek | $G_1 = \{[(6 \cdot 1,5 + 143 \cdot 0,03) \cdot 1,4 + 212 \cdot 0,03] \cdot 1,4 + 192 \cdot 0,03\} \cdot 1,5 = 61^t$

während bei der 971tägigen Marsrundfahrt mit Wartezeit sich ergeben würde:

für $c = 3$ | $G_1 = \{[(6 \cdot 3,3 + 258 \cdot 0,03) \cdot 2,4 + 455 \cdot 0,03] \cdot 2,4 + 258 \cdot 0,03\} \cdot 3,3 = 690^t$

„ $c = 4$ | $G_1 = \{[(6 \cdot 2,5 + 258 \cdot 0,03) \cdot 2,0 + 455 \cdot 0,03] \cdot 2,0 + 258 \cdot 0,03\} \cdot 2,5 = 313^t$

„ $c = 5$ | $G_1 = \{[(6 \cdot 2,1 + 258 \cdot 0,03) \cdot 1,8 + 455 \cdot 0,03] \cdot 1,8 + 258 \cdot 0,03\} \cdot 2,1 = 207^t$

„ $c = 10$ km/sek | $G_1 = \{[(6 \cdot 1,5 + 258 \cdot 0,03) \cdot 1,4 + 455 \cdot 0,03] \cdot 1,4 + 258 \cdot 0,03\} \cdot 1,5 = 89^t$

und bei der 762 tägigen Venusrundfahrt mit Umkreisungen

für $c = 3$	$G_1 = \{[(6 \cdot 2{,}46 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}61 + 470 \cdot 0{,}03] \cdot 2{,}61 + 146 \cdot 0{,}03\} \cdot 2{,}46 = 422$
„ $c = 4$	$G_1 = \{[(6 \cdot 2{,}0 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}10 + 470 \cdot 0{,}03] \cdot 2{,}10 + 146 \cdot 0{,}03\} \cdot 2{,}00 = 211$
„ $c = 5$	$G_1 = \{[(6 \cdot 1{,}77 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}84 + 470 \cdot 0{,}03] \cdot 1{,}84 + 146 \cdot 0{,}03\} \cdot 1{,}77 = 144$
„ $c = 10$	$G_1 = \{[(6 \cdot 1{,}4 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}42 + 470 \cdot 0{,}03] \cdot 1{,}42 + 146 \cdot 0{,}03\} \cdot 1{,}40 = 71$
km/sek	

Aus dem Vergleich ist zu ersehen, daß die Marsrundfahrt mit dem Umweg sowohl kürzere Zeit als auch geringeren Betriebsstoffaufwand erfordert wie die Rundfahrt mit den Marsumkreisungen.

Bei dieser spiralförmigen Rundfahrt liegt die größte Sonnennähe von $103 \cdot 10^6$ km noch innerhalb der Venusbahn mit $108 \cdot 10^6$ km Sonnenabstand. Es findet also nicht nur eine Berührung der Marsbahn, sondern auch noch eine zweimalige Kreuzung der Venusbahn statt. Bei entsprechender Wahl der Abfahrtszeit läßt es sich demnach so einrichten, daß während dieser $1^1/_2$ jährigen Raumfahrt sowohl Mars wie Venus aus nächster Nähe beobachtet werden können. Man kann noch einen Schritt weitergehen, wenn man den zu einer Merkurbahnberührung führenden $1^1/_2$ jährigen Spiralweg einschlägt. In diesem Falle ist $r_{II} = 58 \cdot 10^6$ km statt, wie bei Mars, $227 \cdot 10^6$ km. In gleicher Weise wie dort ergibt sich jetzt:

$$\left.\begin{array}{l} T = 547 \text{ Tage} \\ t_1 = 105 \quad „ \end{array}\right\} \begin{array}{l} T - t_1 = 442 \text{ Tage} \\ \qquad\quad = 28{,}2 \cdot 10^6 \text{ sek}; \end{array}$$

$$\sqrt{a_3{}^3} + \sqrt{a_2{}^3} = \frac{38{,}2 \cdot 10^6}{\pi} \sqrt{132000 \cdot 10^6} = 4410000 \cdot 10^6;$$

$$a_3 - a_2 = \frac{149 - 58}{2} \cdot 10^6 = 45{,}5 \cdot 10^6.$$

Den beiden letzten Gleichungen genügen die Werte

$$a_3 = 192 \cdot 10^6 \text{ und } a_2 = 145{,}5 \cdot 10^6 \text{ km},$$

so daß $$r_{III} = (2 \cdot 145{,}5 - 58) \cdot 10^6 = 233 \cdot 10^6 \text{ km}$$

Man sieht, außer der Berührung der Merkurbahn findet hierbei noch eine Kreuzung der Venusbahn und der Marsbahn statt. Bei passender Konstellation zur Zeit des Aufstieges kann man also auf einer einzigen Orientierungsfahrt von $1^1/_2$ jähriger Dauer 3 Planeten aus der Nähe kennenlernen.

Die dabei aufzubringenden Geschwindigkeitsänderungen Δv sind allerdings ziemlich hoch:

$$\left.\begin{aligned} v_1 &= \text{— — — — — — —}\ 29{,}7\ \text{km/sek} \\ v'_1 &= \sqrt{\frac{264\,000}{149+58}\cdot\frac{58}{149}} = 22{,}2\ \text{„} \end{aligned}\right\}\ \Delta v_1 = 7{,}5\ \text{km/sek},$$

$$\left.\begin{aligned} v_2 &= 22{,}2\cdot\frac{149}{58} = 57{,}2\ \text{km/sek} \\ v'_2 &= \sqrt{\frac{264\,000}{58+233}\cdot\frac{233}{58}} = 60{,}0\ \text{„} \end{aligned}\right\}\ \Delta v_2 = 3{,}1\ \text{km/sek},$$

$$\left.\begin{aligned} v_3 &= 60{,}0\cdot\frac{58}{233} = 15{,}0\ \text{km/sek} \\ v'_3 &= \sqrt{\frac{264\,000}{233+149}\cdot\frac{149}{233}} = 21{,}0\ \text{„} \end{aligned}\right\}\ \Delta v_3 = 6{,}0\ \text{km/sek},$$

$$\left.\begin{aligned} v_4 &= 21{,}0\cdot\frac{233}{149} = 32{,}7\ \text{km/sek} \\ v'_4 &= \text{— — — — — — —}\ 29{,}7\ \text{„} \end{aligned}\right\}\ \Delta v_4 = 3{,}1\ \text{km/sek},$$

desgleichen die zugehörigen Massenverhältnisse $\mu = \nu \cdot e^{\frac{\Delta v}{c}}$:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
$\mu_1 =$	13,3	7,1	4,9	2,3	
$\mu_2 =$	3,1	2,4	2,0	1,5	
$\mu_3 =$	8,2	4,9	3,7	2,0	
$\mu_4 =$	3,1	2,4	2,0	1,5	

Dementsprechend ergibt sich bei einem Endgewicht von 6^t das Anfangsgewicht vor Verlassen der Erdbahn:

für $c = 3$	$G_1 = \{[(6\cdot3{,}1+266\cdot0{,}03)\cdot8{,}2+176\cdot0{,}03]\cdot3{,}1+105\cdot0{,}03\}\cdot13{,}3 = 9200^t$
„ $c = 4$	$G_1 = \{[(6\cdot2{,}4+266\cdot0{,}03)\cdot4{,}9+176\cdot0{,}03]\cdot2{,}4+105\cdot0{,}03\}\cdot\ 7{,}1 = 1970^t$
„ $c = 5$	$G_1 = \{[(6\cdot2{,}0+266\cdot0{,}03)\cdot3{,}7+176\cdot0{,}03]\cdot2{,}0+105\cdot0{,}03\}\cdot\ 4{,}9 = 792^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_1 = \{[(6\cdot1{,}5+266\cdot0{,}03)\cdot2{,}0+176\cdot0{,}03]\cdot1{,}5+105\cdot0{,}03\}\cdot\ 2{,}3 = 144^t$

Oder etwas günstiger in umgekehrter Reihenfolge:

für $c = 3$	$G_1 = \{[(6\cdot13{,}2+105\cdot0{,}03)\cdot3{,}1+176\cdot0{,}03]\cdot8{,}2+266\cdot0{,}03\}\cdot3{,}1 = 6450^t$
„ $c = 4$	$G_1 = \{[(6\cdot\ 7{,}1+105\cdot0{,}03)\cdot2{,}4+176\cdot0{,}03]\cdot4{,}9+266\cdot0{,}03\}\cdot2{,}4 = 1370^t$
„ $c = 5$	$G_1 = \{[(6\cdot\ 4{,}9+105\cdot0{,}03)\cdot2{,}0+176\cdot0{,}03]\cdot3{,}7+266\cdot0{,}03\}\cdot2{,}0 = 538^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_1 = \{[(6\cdot\ 2{,}3+105\cdot0{,}03)\cdot1{,}5+176\cdot0{,}03]\cdot2{,}0+266\cdot0{,}03\}\cdot1.5 = 104^t$

Allen bisherigen Betrachtungen lag ausdrücklich die Annahme zugrunde, daß die Planeten, zwischen deren Bahnen wir uns bewegten, selbst keine Anziehungskraft ausübten. In Wirklichkeit aber zwingt uns nicht nur die Sonne, sie mit der Erde gleichlaufend zu umkreisen, sondern noch viel merklicher stehen wir unter dem Banne der Erdschwere. Wollen wir also zur Erreichung anderer Planeten die Erdbahn verlassen, so ist notwendige Voraussetzung, daß wir zuvor die Erde selbst verlassen haben durch Überwindung ihrer Schwerkraft. In welcher Weise dies mit Hilfe des Raketenantriebes geschehen kann, ist im Kapitel „Grundprobleme der Raumschiffahrt" dieses Buches eingehend auseinandergesetzt. Die hierbei aufzuwendende Triebstoffmasse ist abhängig von dem zugelassenen Andruck, von dem angenommenen Luftwiderstand und der verfügbaren Auspuffgeschwindigkeit c. Ihre Größe ist gegeben durch das Verhältnis $\mu_I = \frac{m_0}{m_1}$ $\left(\text{oder auch } \mu_I = \frac{G_0}{G_1}\right)$ zwischen den Fahrzeugmassen (bzw. Gewichten) vor und nach dem Aufstieg.

Bei mäßigen Andruckverhältnissen ergeben sich etwa folgende Massenverhältnisse μ_I für den Aufstieg von der Erde und von einigen anderen Planeten:

$c =$	3	4	5	10	km/sek
Erde: $\mu_I =$	95	30	15	4	mit Luftwiderstand
Venus: $\mu_I =$	50	20	10	3,5	
Mars: $\mu_I =$	6	4	3	1,75	ohne Luftwiderstand
Merkur: $\mu_I =$	5,2	3,5	2,7	1,65	
Mond: $\mu_I =$	2,5	2,0	1,7	1,3	

Ähnlich verhält es sich mit der Landung auf einem Planeten ohne Lufthülle. Mit der Herstellung der Relativgeschwindigkeit Null in der Nähe des Zielplaneten ist das Landungsmanöver erst eingeleitet, aber noch nicht durchgeführt. Denn infolge der Anziehungskraft des nahen Planeten würde jetzt das Fahrzeug, sich selbst überlassen, auf die Planetenoberfläche abstürzen, und zur Verhinderung des Absturzes muß der Schwerkraft in genau derselben Art und Stärke, also mit dem gleichen Massenaufwand entgegengewirkt werden, wie es beim Aufstieg von dem gleichen Planeten nötig wäre.

Bei dieser Gelegenheit muß auf einige naheliegende, aber irrige Vorstellungen hingewiesen werden. Bekanntlich beträgt die Grenzgeschwindigkeit (sog. Parabelgeschwindigkeit), mit welcher ein sich selbst überlassener Körper sich von der Erde entfernen muß, damit er nicht unter der Schwerkraft wieder zurückkehrt, an der Erdoberfläche 11,2 km/sek; mit zunehmendem Abstand vom Erdmittelpunkte wird sie kleiner, im Abstand 73 500 km z. B. gleich 3,3 km/sek. Da nun bei einem Marsbesuch nach unseren Feststellungen die Abzweigung von der Erdbahn mit einer Relativgeschwindigkeit $\Delta v = 3{,}3$ km/sek erfolgen muß, so könnte man denken, es genüge, mit parabolischer Geschwindigkeit von der Erde tangential zur Erdbahn aufzusteigen, um im Abstande von 73 500 km von der Erde bei der dort erreichten Geschwindigkeit von 3,3 km/sek ohne weiteres in die gewünschte Kometenbahn zum Mars abzweigen zu können. Diese Annahme ist natürlich unzutreffend; denn tatsächlich wird die im Abstande von 73 500 km von der Erde erreichte Parabelgeschwindigkeit unter dem Einflusse der Erdanziehung immer kleiner, sie müßte also im weiteren Verlaufe durch fortgesetzten Raketenantrieb auf der erforderlichen Höhe von $\Delta v = 3{,}3$ km/sek erhalten werden, so lange, bis die Erdanziehung unmerklich würde. Man kann sich die Abfahrt von der Erde zu einem Planeten nun so vorstellen, daß zunächst von der Erdoberfläche in beliebiger Richtung mit nahezu Parabelgeschwindigkeit v_0 aufgestiegen wird, bis in einem im Verhältnis zum Erdradius sehr großen Abstand vom Erdmittelpunkte die Relativgeschwindigkeit Null erreicht ist; in diesem Augenblick muß dann durch neuen Raketenantrieb dem Fahrzeuge die zur Erreichung des betreffenden Planeten erforderliche Größe und Richtung der Relativgeschwindigkeit Δv erteilt werden. (Im ganzen hat man hierbei eine Geschwindigkeit $v_0 + \Delta v$ aufzubringen.) Weit günstiger ist es dagegen, die beiden Geschwindigkeitsantriebe zu einem einzigen Vorgang zusammenzufassen, indem man nach Oberths und v. Pirquets Vorschlag (s. deren Abschnitte in diesem Buch) in einer genau vorherbestimmten „Synergiekurve" aufsteigt, an deren Ende das Fahrzeug relativ zur Erde nicht die Parabelgeschwindigkeit, sondern die zur Erreichung des Planeten erforderliche Hyperbelgeschwindigkeit hat, d. h. jene Geschwindigkeit, welche in unendlichem Abstand vom Erdmittelpunkte nicht zum Werte Null — wie bei der Parabelgeschwindigkeit —, sondern zu eben dem gewünschten

Werte $\varDelta v$ führen würde. (Die aufzubringende Gesamtgeschwindigkeit ist in diesem Falle nur $\sqrt{v_0^2 + \varDelta v^2}$.) Das erstere Verfahren erscheint zwar bequemer und weniger aufregend, erfordert aber mindestens den $1^1/_2$-fachen Aufwand an Antriebsmasse gegenüber dem zweiten. Das letztere Verfahren dagegen stellt voraussichtlich hohe Anforderungen an die Manövrierfähigkeit des Fahrzeuges und die Treffsicherheit des Führers. Da aus diesem Grunde wohl mit der Notwendigkeit einer gewissen Brennstoffreserve für nachträgliche Kursberichtigungen gerechnet werden muß, so soll im folgenden nicht mit dem für den Massenaufwand günstigsten zweiten, sondern mit dem ungünstigeren ersten Verfahren gerechnet werden. Bei den Ergebnissen ist also zu beachten, daß sie eine reichliche Sicherheit enthalten und daß die ermittelten Anfangsgewichte bei besonders geschickter Führung noch um etwa 30 bis 40% herabgesetzt werden können.

Ähnlich bei der Landung: Die Annahme, man brauche nur die Relativgeschwindigkeit $\varDelta v$, mit welcher das Fahrzeug sich dem Zielplaneten nähert, unmittelbar vor Berührung mit der Planetenoberfläche auf den Wert Null zu bremsen, um dann sanft zu landen, ist ebenso unzutreffend. Denn schon ein ohne Anfangsgeschwindigkeit vom Planeten angezogener Körper trifft die Planetenoberfläche mit der gleichen sog. Parabelgeschwindigkeit, mit welcher er sie umgekehrt verlassen müßte, um der Schwerkraft zu entgehen. Besitzt nun der in den Anziehungsbereich geratene Körper noch eine Anfangsgeschwindigkeit $\varDelta v$ relativ zum Planeten, so wird die Parabelgeschwindigkeit noch überschritten. Bei der Landung ist also — umgekehrt wie bei der Abfahrt — entweder nacheinander die Relativgeschwindigkeit $\varDelta v$ und die Parabelgeschwindigkeit oder bei geschickter Führung auf einmal mindestens die entsprechende Hyperbelgeschwindigkeit abzubremsen.

Aus dem gleichen Grunde ist es auch nicht möglich, etwa den Beginn der weiter oben besprochenen Planetenumkreisungen in so geringen Planetenabstand zu verlegen, daß die Umkreisungsgeschwindigkeit gerade gleich der relativen Vorbeifahrtgeschwindigkeit $\varDelta v$ wäre. Denn durch die Anziehungskraft des nahen Planeten würde die anfängliche Relativgeschwindigkeit $\varDelta v$ auf mehr als die dem Vorübergangsabstand entsprechende Parabelgeschwindigkeit vergrößert, diese aber ist stets größer als die Umkreisungsgeschwindigkeit für den gleichen Abstand. Auch hierbei ist also die künstliche Verzögerung der Relativgeschwindigkeit Δv Voraussetzung für die Möglichkeit der Umkreisungen.

Übrigens treten in allen diesen Fällen, solange das Fahrzeug sich in der Nähe eines Planeten bewegt, infolge des Zusammenwirkens von Sonnen- und Planetenanziehung etwas verwickeltere Verhältnisse auf, denen bereits durch Einführung des Bahnstörungsfaktors $\nu = 1{,}1$ Rechnung getragen wurde.

Durch den Aufstieg vom Startplaneten und die Landung auf dem Zielplaneten mittels Raketenwirkung wird demnach das Verhältnis zwischen Anfangs- und Endgewicht des Fahrzeuges ebenso stark oder noch stärker beeinflußt wie durch die zur freien Kometenfahrt nötigen Geschwindigkeitsänderungen. So erfordert z. B. die einfache Hinreise von der Erde zum **Mars** einschließlich Aufstieg und Landung mit den erwähnten ungünstigen Voraussetzungen unter sonst gleichen Annahmen wie bisher folgende Anfangsgewichte G_0 nach der allgemeinen Regel

$$G_0 = (G_2 \cdot \mu_{II} \cdot \mu_2 + \Delta G \cdot t) \cdot \mu_1 \cdot \mu_I :$$

bei $c = 3$	$G_0 = (6 \cdot 6 \cdot 2{,}4 + 258 \cdot 0{,}03) \cdot 3{,}3 \cdot 95 = 29500^t$
„ $c = 4$	$G_0 = (6 \cdot 4 \cdot 2{,}0 + 258 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}5 \cdot 30 = 4180^t$
„ $c = 5$	$G_0 = (6 \cdot 3 \cdot 1{,}8 + 258 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}1 \cdot 15 = 1260^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = (6 \cdot 1{,}75 \cdot 1{,}4 + 258 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}5 \cdot 4 = 135^t$.

Eine Reise zum **Merkur** würde einschl. Aufstieg und Landung erfordern:

bei $c = 3$	$G_0 = (6 \cdot 5{,}2 \cdot 22{,}8 + 105 \cdot 0{,}03) \cdot 13{,}4 \cdot 95 = 910000^t$
„ $c = 4$	$G_0 = (6 \cdot 3{,}5 \cdot 10{,}7 + 105 \cdot 0{,}03) \cdot 7{,}2 \cdot 30 = 49000^t$
„ $c = 5$	$G_0 = (6 \cdot 2{,}7 \cdot 6{,}8 + 105 \cdot 0{,}03) \cdot 4{,}9 \cdot 15 = 8320^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = (6 \cdot 1{,}65 \cdot 2{,}7 + 105 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}3 \cdot 4 = 275^t$.

Schließlich eine Fahrt zum **Jupiter** mit Landung auf einem dem Merkur an Schwerkraft gleichwertig gedachten Jupitermond:

bei $c = 3$	$G_0 = (6 \cdot 5{,}2 \cdot 7{,}1 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 20{,}5 \cdot 95 = 489000^t$
„ $c = 4$	$G_0 = (6 \cdot 3{,}5 \cdot 4{,}5 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 9{,}9 \cdot 30 = 36800^t$
„ $c = 5$	$G_0 = (6 \cdot 2{,}7 \cdot 3{,}3 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 6{,}4 \cdot 15 = 8050^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = (6 \cdot 1{,}65 \cdot 1{,}9 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}65 \cdot 4 = 515^t$.

Beim Vergleich der beiden letzten Zusammenstellungen ist interessant, wie sich erst bei sehr hohen Auspuffgeschwindigkeiten die lange Fahrzeit zum Jupiter ungünstig bemerkbar macht gegenüber der soviel kürzeren zum Merkur.

Besitzt der anzulaufende Planet eine Lufthülle, so kann die Landung unter teilweisem oder gänzlichem Verzicht auf die Raketenbenutzung ausgeführt werden, wenn der Luftwiderstand als Bremsmittel gegen den Absturz infolge der Planetenanziehung benutzt wird. Bei radialem Absturz gegen den Planeten würde allerdings der Weg durch die Lufthülle zu kurz für die erforderliche Bremswirkung sein. Man muß also danach trachten, durch tangentialen Einfall in die Lufthülle den Bremsweg nach Bedarf zu verlängern. Dies ist möglich, wenn man — ähnlich wie im Anschluß an Abb. 46 bei der Planetenumkreisung — im Augenblicke der Vorbeifahrt am Planeten die Relativgeschwindigkeit Δv nicht ganz zum Verschwinden bringt, sondern gerade so viel davon beibehält, daß das Fahrzeug gemäß Abb. 48 nach Beschreibung eines halben Ellipsenbogens auf der entgegengesetzten Planetenseite die obersten Atmosphärenschichten gerade berührt. Durch die — wenn auch nur geringe — Bremsung infolge des Luftwiderstandes ist dann die Austrittsellipse desFahrzeuges aus den Luftschichten kleiner als die Eintrittsellipse. Auf dieser kleineren Ellipse kehrt das Fahrzeug wieder in die Lufthülle zurück, wo eine weitere Bremsung stattfindet usw., bis diejenige Geschwindigkeit erreicht ist, bei welcher an Stelle der Austrittsellipse sich ein innerhalb der Lufthülle verlaufender Kreis ergeben würde. Unter dem jetzt

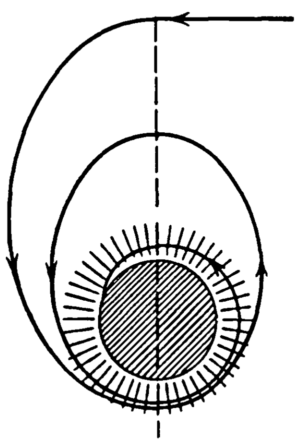


Abb. 48.

dauernden Luftwiderstand verzögert sich weiterhin schnell die Geschwindigkeit, und schließlich kann mittels geeigneter Höhensteuerung die Landung genau wie bei einem Flugzeug vor sich gehen. Die Gefahr des Heißlaufens infolge zu starken Luftwiderstandes und zu heftiger Reibung — wie bei einer Sternschnuppe — kann dadurch vermieden werden, daß man zunächst nur sehr hohe und entsprechend dünne Luftschichten durchfährt und erst mit zunehmender Verzögerung tiefere und damit dichtere Schichten aufsucht. Die Bremswirkung darf also nicht über ein gewisses Maß gesteigert werden, welches erst durch Versuche festgestellt werden müßte. Danach richtet sich die Länge der Landungsdauer. Wird die Landung in der besprochenen Weise durchgeführt, wie es bei Venus und bei der Erde selbst möglich wäre, so kann als Massenverhältnis für die Landung der Wert $\mu_I = \frac{m_0}{m_1} = 1$ gesetzt werden.

Somit ergibt sich z. B. für die selbständige Rückfahrt vom Mars zur Erde:

bei $c = 3$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 3{,}3 + 258 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}4 \cdot 6 = \mathbf{382}^t$
„ $c = 4$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 2{,}5 + 258 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}0 \cdot 4 = \mathbf{182}^t$
„ $c = 5$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 2{,}1 + 258 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}8 \cdot 3 = \mathbf{110}^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 1{,}5 + 258 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}75 = \mathbf{41}^t$;

für die selbständige Rückfahrt vom Merkur zur Erde:

bei $c = 3$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 13{,}4 + 105 \cdot 0{,}03) \cdot 22{,}8 \cdot 5{,}2 = \mathbf{9900}^t$
„ $c = 4$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 7{,}2 + 105 \cdot 0{,}03) \cdot 10{,}7 \cdot 3{,}5 = \mathbf{1730}^t$
„ $c = 5$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 4{,}9 + 105 \cdot 0{,}03) \cdot 6{,}8 \cdot 2{,}7 = \mathbf{600}^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 2{,}3 + 105 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}7 \cdot 1{,}65 = \mathbf{75}^t$;

für die einfache Hinreise von der Erde zur Venus:

bei $c = 3$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 2{,}61 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}46 \cdot 95 = \mathbf{4680}^t$
„ $c = 4$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 2{,}10 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}00 \cdot 30 = \mathbf{1020}^t$
„ $c = 5$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 1{,}84 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}77 \cdot 15 = \mathbf{410}^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 1{,}42 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}40 \cdot 4 = \mathbf{73}^t$;

für die selbständige Rückreise von der Venus zur Erde:

bei $c = 3$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 2{,}46 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}61 \cdot 50 = \mathbf{2510}^t$
„ $c = 4$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 2{,}00 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 2{,}10 \cdot 20 = \mathbf{690}^t$
„ $c = 5$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 1{,}77 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}84 \cdot 10 = \mathbf{276}^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 1{,}40 + 146 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}42 \cdot 3{,}5 = \mathbf{64}^t$

und für die selbständige Rückreise vom Jupitertrabanten zur Erde:

bei $c = 3$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 20{,}5 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 7{,}1 \cdot 5{,}2 = 5\,720^t$
„ $c = 4$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 9{,}9 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 4{,}5 \cdot 3{,}5 = 1\,400^t$
„ $c = 5$	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 6{,}4 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 3{,}3 \cdot 2{,}7 = 342^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = (6 \cdot 1 \cdot 2{,}65 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}9 \cdot 1{,}65 = 144^t$.

Bei den ohne Zwischenlandung zur Erde zurückführenden Rundfahrten ergibt sich das zu Beginn des Aufstieges erforderliche Anfangsgewicht G_0 aus dem früher für den Zeitpunkt vor Abzweigung aus der Erdbahn ermittelten Werte G_1 durch Multiplikation mit dem Massenverhältnis μ_I für den Aufstieg von der Erde; also für die Rundfahrt Erde—Mars—Erde mit Marsumkreisungen:

bei $c = 3$	$G_0 = 690 \cdot 95 = 65\,500^t$
„ $c = 4$	$G_0 = 313 \cdot 30 = 9\,400^t$
„ $c = 5$	$G_0 = 207 \cdot 15 = 3\,100^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = 89 \cdot 4 = 356^t$;

für die Rundfahrt Erde—Venus—Erde mit Venusumkreisungen:

bei $c = 3$	$G_0 = 422 \cdot 95 = 40\,000^t$
„ $c = 4$	$G_0 = 211 \cdot 30 = 6\,330^t$
„ $c = 5$	$G_0 = 144 \cdot 15 = 2\,160^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = 71 \cdot 4 = 284^t$;

für die Rundfahrt Erde—Mars—Erde mit Umweg über die Venusbahn:

bei $c = 3$	$G_0 = 488 \cdot 95 = 46\,300^t$
„ $c = 4$	$G_0 = 223 \cdot 30 = 6\,700^t$
„ $c = 5$	$G_0 = 143 \cdot 15 = 2\,160^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = 61 \cdot 4 = 244^t$;

für die Rundfahrt Erde—Marskreuzung—Venuskreuzung —Merkurberührung—Erde:

bei $c = 3$	$G_0 = 6450 \cdot 95 = 612\,300^t$
„ $c = 4$	$G_0 = 1370 \cdot 30 = 41\,100^t$
„ $c = 5$	$G_0 = 538 \cdot 15 = 8\,080^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = 104 \cdot 4 = 416^t$;

schließlich für die Rundfahrt Erde—Jupiter—Erde mit Jupiterumkreisung:

bei $c = 3$	$G_0 = \{[(6 \cdot 1 \cdot 20{,}5 + 977 \cdot 0{,}03) \cdot 7{,}1 + 213 \cdot 0{,}03] \cdot 7{,}1 + 997 \cdot 0{,}03\} \cdot 20{,}5 \cdot 95 = 17\,300\,000^t$
„ $c = 4$	$G_0 = \{[(6 \cdot 1 \cdot 9{,}9 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 4{,}5 + 213 \cdot 0{,}03] \cdot 4{,}5 + 997 \cdot 0{,}03\} \cdot 9{,}9 \cdot 30 = 555\,000^t$
„ $c = 5$	$G_0 = \{[(6 \cdot 1 \cdot 6{,}4 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 3{,}3 + 213 \cdot 0{,}03] \cdot 3{,}3 + 997 \cdot 0{,}03\} \cdot 6{,}4 \cdot 15 = 77\,000^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = \{[(6 \cdot 1 \cdot 2{,}65 + 997 \cdot 0{,}03) \cdot 1{,}9 + 213 \cdot 0{,}03] \cdot 1{,}9 + 997 \cdot 0{,}03\} \cdot 2{,}65 \cdot 4 = 4\,200^t$.

Aus den letzten Zusammenstellungen ist zu ersehen, daß beim Aufstieg von der Erde mit den einstweilen erreichbaren Auspuffgeschwindigkeiten zum Teil außerordentlich große Massen aufzuwenden sind im Vergleich zu dem angenommenen Endwerte von 6^t. Eine Möglichkeit zu ihrer Verminderung würde sich bieten durch die Benutzung des Mondes als Ausgangspunkt zu allen weiteren Raumfahrten, da dann das Massenverhältnis μ_I sehr viel kleiner wird. Voraussetzung ist nur, daß auf dem Monde tatsächlich diejenigen Rohmaterialien vorzufinden sind, deren man zur Herstellung der Raketentriebstoffe bedarf. Über diese Möglichkeit müßte eine erstmalige Erkundungsfahrt Aufschluß geben, bei welcher die zur Rückkehr erforderliche Betriebsmasse allerdings gleich beim Aufstieg von der Erde mitgenommen werden müßte. Wird angenommen, daß hierfür sowohl beim Verlassen der Erde wie bei Ankunft und Wiederabfahrt auf dem Monde die gleichen Massenverhältnisse μ_I maßgebend seien wie beim Verkehr mit anderen Planeten (in Wirklichkeit wird der erforderliche Massenaufwand etwas geringer sein, weil die Schwerefelder von Erde und Mond sich unterwegs zum Teil aufheben), so ergeben sich als Verhältnis zwischen dem von der Erde aufsteigenden und dem zur Erde zurückkehrenden Fahrzeuggewicht bei dieser Erkundungsfahrt die Werte:

für $c = 3$	$\mu_{00} = 1 \cdot 2{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 95 = \sim 600$
„ $c = 4$	$\mu_{00} = 1 \cdot 2{,}0 \cdot 2{,}0 \cdot 30 = \sim 120$
„ $c = 5$	$\mu_{00} = 1 \cdot 1{,}7 \cdot 1{,}7 \cdot 15 = \sim 44$
„ $c = 10$	$\mu_{00} = 1 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}3 \cdot 4 = \sim 7$,
km/sek	

also Verhältnisse, die bei dieser einmaligen, für die ganze weitere Raumfahrt außerordentlich wichtigen Erkundungsfahrt immerhin im Bereiche der Möglichkeit liegen. Bei günstigem Ergebnisse würden für alle weiteren Fahrten zwischen Erde und Mond nur folgende Massenverhältnisse μ_0 nötig sein:

	für die Hinfahrt allein	für die Rückfahrt allein
bei $c = 3$	$\mu_0 = 2{,}5 \cdot 95 = 237$	$\mu_0 = 1 \cdot 2{,}5 = 2{,}5$
„ $c = 4$	$\mu_0 = 2{,}0 \cdot 30 = 60$	$\mu_0 = 1 \cdot 2{,}0 = 2{,}0$
„ $c = 5$	$\mu_0 = 1{,}7 \cdot 15 = 25{,}5$	$\mu_0 = 1 \cdot 1{,}3 = 1{,}7$
„ $c = 10$	$\mu_0 = 1{,}3 \cdot 4 = 5{,}2$	$\mu_0 = 1 \cdot 1{,}3 = 1{,}3.$
km/sek		

Jede größere Raumfahrt müßte demnach zunächst mit einem Aufstieg zum Monde beginnen. Von dort aus erfolgt mit neuem Betriebsvorrat die Weiterbeförderung nach dem eigentlichen Ziele, wobei nur der eigentliche Aufstieg vom Monde aus mit geringerem Munitionsaufwand als von der Erde aus erfolgt, alles übrige aber, wie Abzweigung von der Erdbahn, freie Kometenfahrt, Einschwenken in die Bahn des Zielplaneten usw. in genau der früher besprochenen Weise verläuft. Auch die Rückkehr erfolgt unmittelbar zur Erde nach Abb. 48, da die Benutzung der irdischen Lufthülle zur Bremsung noch weniger Massenaufwand erfordert als die Landung auf dem Monde mittels Rakete.

Bei diesem Vorgehen erhält man die für das vorausgesetzte Aufstiegs- und Landungsverfahren zurzeit günstigsten Anfangsgewichte, deren Werte unter der Annahme eines Endgewichtes von je 6^t in der folgenden Tabelle für verschiedene Reiserouten noch einmal zusammengestellt sind:

	Fahrtroute	Ungefähre Fahrzeit in Tagen	Erforderl. Anfangsgewicht in Tonnen bei 6t Endgewicht für $c=3$	$c=4$	$c=5$	$c=10$	km/sek
Zubringe-Verkehr	Erde — Mond	4	1 420	360	153	31	t
	Mond — Erde	3	15	12	10	8	t
Ausreisen	Mond — Merkur	105	24 000	3 270	940	90	t
	Mond — Venus	146	123	68	46,5	24	t
	Mond — Mars	258	780	278	142	44	t
	Mond — Jupitertrabant	997	12 900	2 450	910	167	t
Rückreisen	Merkur — Erde	105	9 900	1 730	600	75	t
	Venus — Erde	146	2 510	690	276	64	t
	Mars — Erde	258	382	182	110	41	t
	Jupitertrabant — Erde	997	5 720	1 400	342	144	t
Rundreisen	Mond — Marsberührung — Venuskreuzung — Erde	547	1 220	446	245	80	t
	Mond — Marskreuzung — Venuskreuzung — Merkurberührung — Erde	547	16 100	2 740	910	136	t
	Mond — Venusumkreisung — Erde	762	1 060	423	244	92	t
	Mond — Marsumkreisung — Erde	971	1 720	630	352	116	t
	Mond — Jupiterumkreisung — Erde	2207	456 000	37 000	8 720	1 360	t

Die Zusammenstellung läßt erkennen, daß auch bei Benutzung des Mondes als Stützpunkt vorläufig die Beschränkung auf den Verkehr mit den beiden Nachbarplaneten Venus und Mars geboten erscheint. Möglicherweise wird später Mars einen geeigneten Stützpunkt für weitergehende Reisepläne bieten. Voraussetzung hierfür ist natürlich eine Planetenbeschaffenheit, die die Auffüllung des Fahrzeuges mit neuem Betriebsstoff für die Weiterreise ermöglicht. Aber diese Vorbedingung muß ohnedies erfüllt sein, wenn ein Pendelverkehr zwischen der Erde und Mars bzw. Venus aufrechterhalten werden soll. Denn es ist nicht möglich, jedesmal die für die Rückkehr erforderliche Munitionsmenge gleich bei der Hinreise mitzuschleppen. Nur bei einer ersten Orientierungsfahrt wird dies ähnlich wie beim Monde nötig sein, dann aber in der Weise, daß nicht das ganze, für die große Reise ausgerüstete Fahrzeug mit allen Insassen die Landung und den Wiederaufstieg unternimmt, sondern nur eine leichte Art Beiboot mit einem einzelnen Beobachter, während das Hauptfahrzeug den betreffenden Planeten umkreist. Nach erfolgter Rückkehr des Beobachters kann das Beiboot zwecks Gewichtsersparnis abgestoßen werden. Wird hierbei für das Landungs-Raketenboot ein Leergewicht von 1^t, für das Hauptfahrzeug wieder ein Endgewicht von 6^t angenommen, so sind die Tabellenwerte für die Venus- bzw. Mars-Umkreisung noch zu vergrößern um die zur Mitbeförderung, zur Zwischenlandung und zum Wiederaufstieg des zusätzlichen Gewichtes von 1^t erforderlichen Beträge, so daß sich ergibt:

für eine *Orientierungsfahrt Mond—Venus—Erde mit Zwischenlandung auf Venus:*

bei $c = 3$	$G_0 = 1060 + 1 \cdot 1 \cdot 50 \cdot 2{,}61 \cdot 2{,}46 \cdot 2{,}5 = 1870^t$
„ $c = 4$	$G_0 = 423 + 1 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 2{,}10 \cdot 2{,}00 \cdot 2{,}0 = 601^t$
„ $c = 5$	$G_0 = 244 + 1 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1{,}84 \cdot 1{,}77 \cdot 1.7 = 299^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = 92 + 1 \cdot 1 \cdot 3{,}5 \cdot 1{,}42 \cdot 1{,}40 \cdot 1{,}3 = 101^t$

und für eine *Orientierungsfahrt Mond—Mars—Erde mit Zwischenlandung auf Mars:*

bei $c = 3$	$G_0 = 1720 + 1 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 2{,}4 \cdot 3{,}3 \cdot 2{,}5 = 2432^t$
„ $c = 4$	$G_0 = 630 + 1 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2{,}0 \cdot 2{,}5 \cdot 2{,}0 = 790^t$
„ $c = 5$	$G_0 = 352 + 1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1{,}8 \cdot 2{,}1 \cdot 1{,}7 = 410^t$
„ $c = 10$ km/sek	$G_0 = 116 + 1 \cdot 1{,}75 \cdot 1{,}75 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}3 = 125^t$,

also Werte, die für $c = 4$ oder 5 km/sek noch durchaus im Bereiche des Möglichen liegen, zumal wenn bedacht wird, daß bei geschickter Führung — wie auf S. 206 erwähnt wurde — noch bis zu 40 % an Gewicht gespart werden können.

Noch weiter gehende Reisepläne müssen so lange zurückgestellt werden, bis es einer fortgeschrittenen Raketenindustrie gelungen sein wird, Auspuffgeschwindigkeiten von 10 km/sek und mehr zu erzielen. Erst dann wird auch an eine Abkürzung der Reisewege und Fahrzeiten gedacht werden können. Wenn erst einmal mit einem erfolgreichen Raketenbetrieb begonnen worden ist, so wird aber an einer raschen Weiterentwicklung und Vervollkommnung der Betriebsmittel in der angedeuteten Richtung nicht mehr zu zweifeln sein.

Stationen im Weltraum

Von Professor **H e r m a n n O b e r t h**

Wenn man ein großes Projekt überdenkt, so ist es wohl gestattet, dabei auch die Phantasie spielen zu lassen. Ich glaube nicht, daß das, was ich hier vorhersage, schon in den nächsten zehn Jahren eintreffen wird. Die Raketendüse für flüssige Brennstoffe wird man wohl in der nächsten Zeit für näherliegende Zwecke benutzen. Aber es ist nicht uninteressant, zu sehen, was aus dieser Erfindung alles werden kann.

Wenn ein Raketenraumschiff auf der Synergiekurve aufsteigt und so lange brennt, bis es 7890 m/sek fährt, so fällt es nicht mehr auf die Erde zurück, wenn die Brennstoffe abgestellt werden. Die Fliehkraft hält nämlich der Schwerkraft dann gerade das Gleichgewicht, es ist dasselbe, als wenn wir einen Stein an einem Gummiband im Kreise um unsere Hand laufen lassen. Das Raumschiff würde, sich selbst überlassen, als zweiter Mond dauernd um die Erde gravitieren. Von einem solchen, im Kreise um die Erde laufenden Raumschiff aus könnte man nun allerhand Beobachtungen machen.

a) Zunächst ist das Raumschiff mit allem, was darauf ist, trotz der Nähe der Erde, k e i n e m A n d r u c k ausgesetzt. Wenn wir einen Rahmen aus Latten nehmen und eine Figur, die den Passagier vorstellen soll, hineinhalten und beides gleichzeitig fallen lassen, so bleibt der Passagier in der Mitte des Rahmens, ohne auf den Boden desselben zu fallen, denn der Rahmen fällt natürlich ebenso schnell wie die Figur. — Ganz dasselbe hätten wir, wenn wir Figur und Rahmen mit derselben Geschwindigkeit irgendwohin werfen würden. Auch in diesem Falle würde der Passagier in der Mitte des Rahmens schweben. Er wäre gar keinem Andruck ausgesetzt, denn wenn ein Andruck da wäre, so müßte auch eine Kraft da sein, die ihn gegen seine Unterlage drückt, und die fehlt hier offenbar.

Sobald man also auf einem fahrenden Raumschiff die Motoren abstellt, ist keine Kraft mehr da, die einen Gegenstand nach dem Boden der Beobachterkammer zu ziehen sucht. Die Raumfahrer schweben gleich Engeln in der Beobachterkammer, es ist nicht mög-

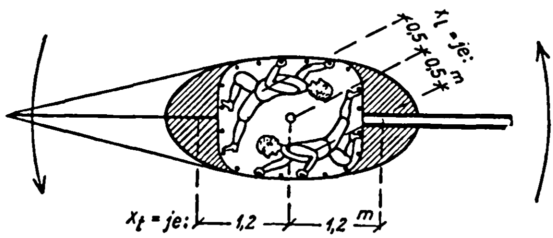


Abb. 49.
Aus Hohmann, „Die Erreichbarkeit der Himmelskörper" (Verlag Oldenbourg, München 1925).

lich, ein Glas Wasser einzuschenken. Ein Körper, der nicht am Boden festgeschraubt ist, bleibt nicht liegen. Wenn die Beobachter sich an den Wänden herumgreifen, so dreht sich das Raumschiff nach der anderen Seite, und sie können so das Raumschiff in jede beliebige Stellung drehen. Gegenstände, die an dünnen Stahldrähten vom Raumschiff abgestreckt werden, behalten ihre Stellung bei usw.

Dieser andruckfreie Zustand wird nun, wenigstens wenn er nicht allzulange dauert, keine nennenswerten physiologischen Störungen hervorrufen. Alle lebenswichtigen Vorgänge in unserem Körper sind nämlich sowohl in aufrechter als auch in liegender Stellung möglich. Wir sind also nicht (wie etwa gewisse Pflanzen) darauf angewiesen, daß auf uns stets ein bestimmter Schwerezug in bestimmter Richtung wirkt. Wochen- oder gar monatelanges Fehlen von Andruck würde freilich nicht ohne Folgen bleiben. Dabei wären nämlich Muskeln und Bindegewebe kaum beansprucht, sie würden, wie jedes Organ, welches man nicht gebraucht, erschlaffen, die Raumfahrer würden so weich und schwach werden, daß sie bei der Rückkehr schwere innere Verletzungen erleiden würden.

Glücklicherweise können wir aber dieser Gefahr begegnen. Wir können nämlich die Raumfahrer in eine Kammer bringen, die mit dem Raumschiff nur durch ein langes Drahtseil verbunden ist und im Kreis um dasselbe herumläuft. Dieses Seil muß nur so lang sein, daß die Raumfahrer dabei nicht schwindlig werden, dann würde ein Aufenthalt von einigen Stunden täglich in dieser Kammer wohl genügen, um den Körper vor der Erschlaffung zu bewahren, besonders, wenn nebenbei geturnt wird.

Dabei entsteht ein Zentrifugalandruck. Dieser soll gerade so groß sein wie die Fallbeschleunigung.

In rein körperlicher Beziehung hat also das Fehlen des Andrucks keine nennenswerten Wirkungen. In psychologischer Beziehung dagegen ist es keineswegs gleichgültig.

Obwohl wir nun das Fehlen von Andruck auf der Erde nur dann beobachten können, wenn ein Körper dem Zug der Schwere frei folgen kann, wenn wir also von irgendwo herabspringen, so können wir dennoch einiges über die psychologischen Wirkungen länger fehlenden Andrucks aussagen. Wir haben nämlich Sinnesorgane, die uns über die Größe des Andrucks und über die Stellung unseres Körpers zur Lotrichtung unterrichten, und wir können durch entsprechende Beeinflussung dieser Organe das Andrucksgefühl vermindern oder gänzlich aufheben, und so können wir die seelischen Wirkungen fehlenden Andrucks hervorrufen, denn für diese ist ja nicht der tatsächliche Zustand maßgebend, sondern nur der Bericht unserer Sinnesorgane. Wie die Psychologie lehrt, wirkt die Vortäuschung irgendeines Ereignisses durch Irreführung der Sinnesorgane in seelischer Beziehung so, wie das betreffende Ereignis selbst — Vergleicht man die so entstandenen Empfindungen mit denen, die man etwa hatte, wenn man von einem hochgelegenen Punkt abspringt oder abstürzt, so erhält man ein Bild von der psychischen Wirkung fehlenden Andrucks.

Ich habe dies Bild in meinem Raketenbuch genau beschrieben. Hier brauche ich nur so viel zu sagen, daß man sich mit der Zeit an das Fehlen von Andruck gewöhnt. Schwimmer und Sturzflieger sind das erstemal, wenn sie dem Andruck entzogen werden, jedenfalls viel aufgeregter als später. Die Unterdrückung der Andruckempfindungen durch Arzneimittel erzeugt schon nach wenig Minuten nicht mehr das Gefühl des Stürzens, sondern nur noch ein Gefühl des angenehmen Dahingleitens oder Schwebens; außerdem gibt es Arzneimittel, durch die man die unangenehmen Wirkungen beim ersten Aufstieg unterdrücken kann.

Von dieser Seite droht der Raumschiffahrt also keine Gefahr. — Dagegen würden wir viele physikalische und physiologische Versuche ausführen können, die auf der Erde des Andrucks wegen unmöglich sind. Über die physikalischen Versuche ist nicht viel zu sagen. Sie werden wohl mehr zur Unterhaltung der Raumfahrer, als zur Entdeckung neuer Tatsachen führen, denn was beim Fehlen von Andruck geschieht, das kann sich schließlich jeder Physiker denken. Etwas anderes ist es dagegen mit den physiologischen Versuchen, z. B. mit den Untersuchungen darüber, wie die Pflanzen wachsen, wenn sie keinem Andruck ausgesetzt sind, usw. Ich vermute z. B. aus Gründen, die ich hier nicht näher erörtern will, daß sich die Zellen von Algen oder Infusorien beim Fehlen von Andruck gewaltig vergrößern werden. Daraus und aus dem vielleicht verschiedenen Verhalten der Zellen könnte leicht ein Einblick in die Physiologie der Zellen gewonnen werden, der auf anderem Wege nicht zu erhalten wäre.

b) Raumteleskope: Die astronomischen Fernrohre beruhen bekanntlich darauf, daß eine große Linse mit beträchtlicher Brennweite, dem sogenannten Objektiv, ein verhältnismäßig großes umgekehrtes reelles Bild von einem Gegenstande erzeugt. An dieses Bild kann dann der Beobachter mit einer als Vergrößerungsglas dienenden Linse, dem sogenannten Okular, beliebig nahe herankommen. — Beim Spiegelteleskop hat man statt der Objektivlinse einen Hohlspiegel, der bekanntlich von entfernten Gegenständen ebenfalls umgekehrte reelle Bilder entwirft.

Auf der Erde nun stehen dem Bau astronomischer Instrumente große Schwierigkeiten entgegen. Die erste besteht darin, daß auf der Erde stets zerstreutes Licht vorhanden ist. Dieses stört, wenn man einfach zwei Linsen, sagen wir an einem Stock hintereinander befestigen wollte. Man muß die Linsen daher am vorderen und rückwärtigen Ende einer Röhre anbringen, die innen schwarz angestrichen ist.

Das wäre nun natürlich das kleinste. Unangenehmer sind schon die Nachteile, die sich aus der Erdschwere ergeben. Das Fernrohr biegt sich leicht, weiter muß es an einem starken Fuß befestigt werden. Nun gibt es aber keine absolut starren Körper, also zittern zu leicht gebaute Fernrohre stets. (Ich schreibe hier natürlich für Laien und bitte den Optiker vom Fach zu entschuldigen, daß dieser Abschnitt etwas laienhaft klingt.) Ferner lassen sich mit zu leicht und biegsam gebauten Instrumenten keine genauen Winkelmessungen ausführen, da sie sich unter dem Einfluß der Schwere um ein (oft unkontrollierbares) Stück aus ihrer Richtung biegen. Man wehrt diesen Übelständen ab:

1. Indem man das Gestell des Fernrohres möglichst massiv und stark macht, desgleichen das Rohr. Dadurch wird das Instrument aber natürlich sehr schwer.

2. Indem man das Fernrohr möglichst kurz macht. Kleine Körper sind verhältnismäßig starrer. Einen Zwirnsfaden von 5 cm Länge und 0,2 mm Dicke kann ich noch wagerecht ausgestreckt halten. Ein 10 m langes und 4 cm dickes Seil ist zwar diesem Zwirnsfaden in der Form ähnlich, beim Versuch, es wagerecht auszustrecken, hängt aber das Ende hilflos herab. Nun hängt die Länge der Fernrohre hauptsächlich von der Brennweite der Objektive ab, die Vergrößerung dagegen ist gleich der Zahl, die man bekommt, wenn man die Brennweite des Objektivs durch jene des Okulars dividiert. Wenn man nun beide Brennweiten klein macht, so kommt man zu einem verhältnismäßig kurzen Instrument, welches trotzdem gut vergrößert. Dies ist aber auch eine zweischneidige Waffe. Abgesehen von allen anderen Nachteilen ist hier peinliche Genauigkeit bei der Herstellung des Instrumentes erforderlich, da ein Fehler des Objektivbildes durch das Okular vergrößert wird. Dies ist mit ein Grund, weshalb wirklich gute Instrumente so selten und so teuer sind.

Ein weiterer Nachteil irdischer Fernrohre ist der, daß man sie stets hinter den Sternen herführen muß, und weiter, daß man denselben Stern überhaupt nicht immer beobachten kann. Die Beobachtung ist abhängig von der Tageszeit, von der Gegend und vom Wetter.

Wenn man nun alle Schwierigkeiten beim Bau des irdischen Fernrohres glücklich überwunden hat, dann kommt erst noch der Hauptnachteil. Bekanntlich f l i m m e r t ein Stern infolge der ungleichen Dichte der Luft immer ein wenig, wie man an den Fixsternen beobachten kann. Aus diesem Grunde kann man nur unter besonders günstigen Umständen mehr als 1000fache Vergrößerungen anwenden. — Man sieht bei so starken Vergrößerungen einfach nichts Bestimmtes mehr. Das große Teleskop in Chicago z. B. ist für die Marskanäle „zu stark“.

Im Weltraum läßt sich jede Vergrößerung gebrauchen, da die Sterne nicht flimmern. Gail beschreibt im Roman „Der Stein vom

Mond“ ein 10000fach vergrößerndes Fernrohr. Ich will den Leser mit der Bemerkung überraschen, daß Gail hier noch viel zu schüchtern war. Ich hoffe auf millionenfache Vergrößerungen. Der bekannte Astronom Plaßmann hat mir hier allerdings entgegengehalten: „... daß es noch nicht genügt, der Erdenluft entflohen zu sein, da wenigstens beim Mars, an den die meisten zunächst denken werden, sich die Eigenluft eben doch nicht wegschaffen läßt.“ Dieser Satz ist vielfach so verstanden worden, als daß jetzt immer noch eine Atmosphäre da sei, die durch ihr Flimmern die Beobachtung beiläufig ebenso stark stören würde wie die Erdatmosphäre, so daß die Beobachtungsverhältnisse nur etwa doppelt so günstig wären wie auf der Erdoberfläche. Ob Plaßmann das so gemeint hat, weiß ich nun nicht, diese Auffassung trifft aber sicher nicht zu. Ich werde in meinem Raketenbuch erklären, warum. Hier nur so viel: Unsere Erdatmosphäre wirkt so wie ein Pauspapier, welches wir dicht vor das Auge halten, die Marsatmosphäre dagegen wirkt so wie ein Pauspapier, welches auf dem zu betrachtenden Bilde liegt. Sie verwischt das Bild kaum um den 600000sten Teil des Betrages, um den die Erdatmosphäre es verwischt.

Weiter ist der Hintergrund vollständig dunkel, es fällt also auch die Röhre des Fernrohres fort. Auch die Teile, die den Objektivspiegel halten sollen (es kommen hier der Größe des Objektivs wegen nur noch Spiegel in Frage), können des fehlenden Andrucks wegen viel einfacher sein. Es genügt im allgemeinen, einen großen, mäßig beschatteten Hohlspiegel an drei Stahldrähten vom Raumschiff abzustrecken. Die Länge dieses Fernrohres spielt überhaupt keine Rolle. Wir können, wenn wir wollen, auf das Okular ganz verzichten und ein reelles Bild vom Objektiv in die Beobachterkammer projizieren lassen, sagen wir auf eine Glasplatte, auf der wir dann mit Zirkel und Lineal unsere Messungen vornehmen können. Der Spiegel braucht demgemäß auch nicht derartig genau ausgearbeitet zu sein. Er muß nicht einmal aus einem einzigen Stück bestehen. Er kann in mehreren Stücken zwischen den Fallschirm verpackt und erst oben durch Taucher wieder zusammengesetzt werden. Es müßten nur die Fugen zwischen den Stücken mit einer spiegelnden Paste verschmiert werden, um die Diffraktion zu verhindern. Dieser leichten Bauart wegen ist auch die Masse dieser Fernrohre so gering, daß eine Rakete sie in die Höhe tragen kann.

Allen diesen Vorzügen des Ätherteleskopes steht eigentlich nur ein einziger Nachteil gegenüber. Die Erde gibt einem Fernrohr einen festen Halt, während die Beobachtungskammer der Rakete durch jede Bewegung der Insassen in Mitleidenschaft gezogen wird. Man könnte diesem Übelstande dadurch begegnen, daß man das Objektiv irgendwie an Steuerkreisel anschließt und daß man ein Okular (oder eine Marienglasplatte) anwendet, welches nach Art eines Seismometers befestigt ist, so daß es die Bewegungen der Beobachterkammer nicht mitmacht.

Im übrigen dürfte (entgegen den Befürchtungen Plaßmanns) das Einstellen, Halten und Photographieren himmlischer Objekte eher leichter sein als auf der Erde, denn die Rakete behält ja die Stellung, die man ihr einmal im Raume gegeben hat, bei, solange der Motor nicht arbeitet.

Schwieriger als auf der Erde wird das Messen größerer Winkelabstände sein. Ich habe zu diesem Zweck an ein sextantenähnliches Instrument gedacht, welches an einen Kreisel geschlossen ist. Dieser Nachteil wiegt aber vielleicht nicht so schwer, als mancher Anfänger in der Astronomie glauben wird. Denn bei feineren Messungen brauchen wir oft nur den Winkel zwischen dem Objekt und irgendeinem gegebenen Punkt, nicht die genaue Angabe des Objektortes in Graden, Minuten und Sekunden. Die Parallaxenbestimmungen der Fixsterne z. B. macht man auch auf der Erde nicht mit Hilfe des Horizontal- und Vertikalkreises des Fernrohres, sondern so, daß man den betreffenden Stern an einen in der Nähe sichtbaren weiten Fixstern anschließt. Ähnlich wird man auch die Messungen über den Durchmesser von Planeten, den Abstand etwaiger fremder Planeten von ihren Fixsternen usw. durch eine relative Winkelmessung und durch Anschluß an benachbarte Fixsterne bestimmen können.

(Vollkommen werden diese Instrumente dann sein, wenn es uns gelingt, ein solches Raumteleskop auf einem Asteroiden [z. B. auf dem kleinen Planeten Eros] aufzustellen. Die Masse eines 1—2 km großen Sternes genügt nämlich schon, um dem Fernrohr einen vollkommen festen Halt zu geben und alle unkontrollierbaren Bewegungen unter die Grenze des Wahrnehmbaren zu drücken. Andernteils ist ein solcher Asteroid doch noch so klein, daß er keine Spur von Luft festhalten kann und daß seine Schwerkraft sich noch nicht störend bemerkbar macht. Eine Bereisung des Planeten Eros aber, der nach dem Mond der Erde am nächsten kommt, wäre für das Raketenraumschiff eine Kleinigkeit.) Immerhin könnte man aber auch mit Fernrohren, die nur an einer Rakete befestigt sind, bereits wertvolle Untersuchungen machen. Z. B. ob unsere Planeten bewohnt oder wenigstens bewohnbar sind, ob größere Meteoriten die Fahrt zu unseren Planeten gefährden könnten, ob fremde Fixsterne Planeten haben, ob verschiedene Objekte, die uns als einfache Sterne erscheinen, in Wirklichkeit nicht unendlich ferne Sternhaufen sind, u. a.

c) Da der Himmel vollkommen dunkel ist, genügt ein Abblenden der Sonnenscheibe, um die Umgebung der Sonne nach Belieben zu beobachten. Aus der allgemeinen Relativitätstheorie Einsteins z. B. folgt, daß das Licht von Fixsternen, die in der Nähe der Sonne stehen, durch deren Schwerefeld abgelenkt werden muß. Doch die Ablenkung ist so klein, daß es auch bei totalen Sonnenfinsternissen auf der Erde schwer hält, sie überhaupt nachzuweisen oder gar zu sagen, ob sie nun wirklich durch das Schwerefeld der Sonne zustande gekommen ist oder aus anderen Gründen. Lenard z. B. nimmt an, sie könnte auch durch die äußerste Sonnenatmosphäre hervorgerufen werden. Wenn wir aber im vollkommen dunkeln Weltraum die Umgebung der Sonne bei abgeblendeter Sonnenscheibe spektroskopisch untersuchen und wenn wir nachher bei abgeblendeter Sonnenscheibe die Fixsterne in der Nähe der Sonne beobachten, so können wir dann natürlich genau angeben, ob die Ablenkung des Fixsternes nur so groß ist, wie aus der genannten Atmosphäre folgen müßte, oder größer und um wieviel größer.

d) Die Sonnenkorona können wir auf der Erde nur bei absoluter Sonnenfinsternis einige Minuten lang beobachten. Sie erscheint uns dann als unbeweglicher Strahlenkranz. Daß sie dies in Wirklichkeit nicht ist, lehrt schon die Tatsache, daß sie bei jeder Sonnenfinsternis anders aussieht. Von der Rakete aus können wir die Sonnenkorona beobachten, solange und sooft wir wollen. Dabei können wir sie natürlich erforschen und die Zusammenhänge zwischen der Sonnenkorona und den Vorgängen auf der sichtbaren Sonnenfläche feststellen und untersucheu, ob Zusammenhänge zwischen den meteorologischen Vorgängen auf der Sonne und auf der Erde bestehen.

e) Viele Physiker nehmen an, der Weltäther würde von der Erde bei ihrer Bewegung mitgerissen. Deshalb müsse z. B. der Michelsonsche Versuch mißlingen. Andere wieder bestreiten dies und erklären das Mißlingen des Michelsonschen Versuches durch gewisse Verkürzungen der Körper, die wir nur deshalb nicht wahrnehmen könnten, weil sich die Maßstäbe in demselben Verhältnis verlängern oder verkürzen müssen (Lorenz, Einstein). Tomaschek aus Heidelberg hat nun versucht, auf hohen Bergen, wo der Äther vielleicht schon nicht mehr in dem Maße von der Erde mitgerissen wird, einen Ätherwind relativ zur Erde festzustellen. Bisher freilich mit negativem Erfolg. Die Frage wäre sofort geklärt, wenn man die Tomaschekschen Apparate auf einer Rakete in die Planetenräume mitnehmen würde, denn der Weltäther wird durch so kleine Massen, wie schon Oliver Lodge 1899 gezeigt hat, jedenfalls nicht mitgeführt.

f) Wir können feststellen, wie groß die strahlende Energie ist, die aus verschiedenen Gegenden des Himmels kommt. Schützen wir einen Körper durch glänzende Blechplatten, hinter denen wir ihn frei schweben lassen, gegen alle größeren Mengen strahlender Energie (vor allen Dingen gegen die Sonnenstrahlen) und tragen wir andernteils dafür Sorge, daß seine eigene Wärme nach den kälteren Teilen des Raumes ausstrahlen kann, so können wir seine Temperatur außerordentlich nahe an den absoluten Nullpunkt (—273°) heranbringen, viele hundert mal näher z. B. als die Temperatur des festen Heliums. Es ist nicht ausgeschlossen, daß dabei z. T. ganz neuartige Erscheinungen (z. B. im Verhalten der Elektronen usw.) eintreten. Mindestens wäre es der Mühe wert, diesen Versuch zu machen.

g) Bereits Gauß hat an die Möglichkeit gedacht, daß sich das Licht im Weltraum nicht geradlinig fortpflanzt, oder mit den Worten Einsteins ausgedrückt, daß sich unser dreidimensionaler Raum, wenn er einem vierdimensionalen eingeschrieben ist, nicht so verhalten würde wie eine ebene Fläche im Raum, sondern vielleicht wie eine Kugelfläche im Raum. Diese Frage ist in letzter Zeit durch Einsteins allgemeine Relativitätstheorie wieder angeschnitten worden. Demnach könnte es z. B. vorkommen, daß die drei Winkel eines Dreieckes zusammen nicht 180° hätten. Man baute für Gauß damals drei Beobachtungsstationen, die 30—50 km voneinander entfernt waren, und maß auf jeder, so gut man es konnte, den Winkel zwischen den beiden andern, man konnte aber natürlich keine Abweichung von 180° feststellen. Mehr Aussicht auf Gelingen hätte dieser Versuch, wenn als Stationen drei Raumschiffe benutzt würden, die viele Millionen Kilometer voneinander entfernt sind. Ich glaube nun zwar nicht, daß dieser Versuch gelingen wird, aber es wäre doch der Mühe wert, ihn wenigstens zu machen. Nach gewissen Annahmen über die Krümmung des Raumes wäre es auch nicht ausgeschlossen, daß wir mit hinreichend scharfen Instrumenten in einem Abstand von 100 Millionen Lichtjahren unser eigenes Milchstraßensystem wiedersehen, aber am Orte, wo es vor 100 Millionen Jahren stand, und in dem Zustand, den es damals innehatte.

h) Völlig einwandfrei könnte man die Intensität der Sonnenstrahlen und die Albedo (das ist das Rückstrahlungsvermögen) der Erde erst vom Weltraum her feststellen. Diese Feststellung wäre wertvoll, weil man daraus wichtige Schlüsse auf die eigene Wärme der Erde ziehen könnte. Ebenso könnte man durch Beobachtung der Bewölkung der Erde von oben wichtige meteorologische Aufschlüsse erhalten, wie Hein gezeigt hat.

i) Ich bitte nun den Leser, nicht zu erschrecken, wenn ich den heißen Boden der Parapsychologie betrete. Bekanntlich nehmen viele Psychologen und Ärzte, unter andern auch ernsthafte Forscher wie Österreich und Lomer, an, die Suggestion, z. B. bei der Hypnose, oder die suggestive Kraft gewisser Persönlichkeiten beruhe darauf, daß vom Beeinflusser Ätherkräfte oder auch Stoffe auf den Beeinflußten ausgehen. Ob und wieweit diese Ansicht richtig ist, das will ich natürlich nicht entscheiden. Ich glaube aber, selbst wenn es diese telepathischen oder Gedankenkräfte oder wie man sie nennen will, wirklich gibt, wird man auf der Erde schwer etwas Sicheres darüber erfahren können. Nach der Theorie gehen ja fast von jedem Menschen solche Strahlen aus, und diese Kräfte dringen alle gleichzeitig auf die Versuchsperson ein und kreuzen und stören sich gegenseitig. Ob man diese Strahlen irgendwie abschirmen kann, das wissen wir noch nicht. Dagegen wäre es vielleicht nicht unmöglich, darüber etwas Positives festzustellen, wenn man den Hypnotiseur und die Versuchsperson auf einer Rakete ein paar hunderttausend km von der Erde wegführt.

Es dürfte nun allerdings schwer halten, Personen zu finden, die gleichzeitig brauchbare Objekte für telepathische Versuche und gleichzeitig gute Ingenieure und Raketenführer sind. Aber diese Schwierigkeit könnte man ja schließlich beheben. Es steigen einfach ein Raketenführer, ein Parapsychologe und eine Versuchsperson in der Rakete auf. Dann begibt sich der Raketenführer in den Raumtaucheranzug und fährt mit Hilfe eines kleinen, unter dem Fallschirm leicht unterzubringenden Rückstoßapparates einige hundert bis tausend km in den Ranm hinaus, während die beiden andern experimentieren.

k) Weiter möchte ich hier Versuche erwähnen, die nur in einem großen luftleeren Raum möglich sind, z. B. das Senden von parallelen Anoden- oder Kathodenstrahlen über weite Strecken; ich werde darüber noch einiges sagen. Dieser Versuch ist weit mehr als eine bloße wissenschaftliche Spielerei, man könnte z. B. versuchen, im Raum Sonnenkraftmaschinen aufzustellen und der Erde auf diese Weise Elektrizität zuzusenden.

l) Im Raum kommen elektromagnetische Strahlen vor, die von der Erdatmosphäre verschluckt werden. Auf die Befürchtungen, daß diese dem Raumfahrer schädlich werden könnten, will ich hier nur so viel antworten:

Ultraviolette Strahlen können durch die Wände und Fenster der Beobachterkammer nicht gut hindurchdringen. — Daneben gibt es dann freilich noch sehr kurzwellige Strahlen, die sogenannten Kohlhörsterstrahlen, die wir nicht völlig abschirmen können. Diese sind aber zu schwach, um dem menschlichen Körper zu schaden. Die Arbeiter in Uranbergwerken, die Röntgenärzte usw. sind dauernd stärkeren und wirksameren (an der Ionisierung gemessen) Strahlungen ausgesetzt als die Raumschiffer während einiger Monate ihres Lebens. — Wenn man aber einmal Raumschiffe bauen sollte, die dauernd um die Erde kreisen, dann wird man die Wände derselben nach und nach schon so massiv machen, daß sie kurzwellige Strahlungen ebensogut abschirmen als die Erdatmosphäre.

Dagegen wird uns aber die Erforschung dieser Strahlen vom Raumschiff aus manchen wertvollen Aufschluß erstens über den Bau der Materie und zweitens über die Entstehung des Weltalls geben.

m) Endlich könnte eine derartige Rakete bei $v = 11$ km/sek Anfangsgeschwindigkeit bei Neumond um den Mond fahren und die unbekannte Seite erforschen. Man hat mir vielfach vorgeschlagen, ich solle eine unbemannte Rakete mit einem Kinoapparat ausrüsten und in dieser Weise um den Mond fliegen lassen. Letzteres aber, glaube ich, wird mißlingen, denn hier wäre die Treffsicherheit zu klein. Erst wenn ein Führer auf der Rakete ist und ihren Lauf fortwährend kontrolliert und korrigiert, besteht die Wahrscheinlichkeit, daß sie wohlbehalten zurückkommen wird.

Natürlich lassen sich mit Modell E noch zahlreiche andere Versuche machen, ich will aber nicht weiter darauf eingehen.

Eine um die Erde kreisende Rakete stellt also, wie wir sehen, ein in den Weltraum gestelltes Observatorium dar. Man kann nun ein Raumfahrzeug größten Maßstabes um die Erde laufen lassen und den Verkehr zwischen diesem und der Erde durch kleinere Fahrzeuge bewerkstelligen. Die große Rakete muß also gar nicht mehr niedergehen, sie bleibt dauernd oben und kann immer mehr für ihren eigentlichen Zweck umgebaut werden. Ich bringe hier einige Stellen aus dem Gailschen Roman „Der Stein vom Mond“, die uns in anschaulicher Weise das Leben und Treiben auf einer solchen Station beschreiben:

Sie tastete an ihrem Lager entlang. Eine dünne Matratze und darauf einige weiche Decken. Verwirrt richtete sie sich auf. Obwohl alle Glieder schmerzten, fühlte sie sich frei und kräftig, als sei irgendeine drückende Last von ihr abgefallen. Sie blickte um sich und sah, daß sie sich in einem winzig kleinen Raum mit primitiver Einrichtung befand, ähnlich einer Schiffskajüte.

Durch eine kreisrunde Fensterluke an der Seite strömte gelbes Sonnenlicht herein. Ein scharf umrandeter, länglicher Lichtklex klebte an der gegenüberliegenden Wand. Das Licht war grell und so hell, daß die Augen schmerzten. Aber dennoch erschien die Kabine dunkel. Der leuchtende Fensterrahmen und der Reflex an der Wand schienen, losgelöst von allem Körperlichen, in unendlicher Nacht zu schwimmen. Dann erhob sie sich und ging mit unsicheren Schritten zum Fenster. Ein Schwindelgefühl überkam sie. Sie wankte bei jedem Schritt und drohte nach vorne zu stürzen. Sie klammerte sich an der Fensternische an und blickte durch das dicke, festschließende Glas hinaus.

Ringsum tiefschwarzer Himmel, übersät mit seltsam hell und ruhig leuchtenden Sternen.

Es war Nacht! Zweifellos Nacht!

Und doch strahlte die Sonne ganz tief am Horizont in überirdischem Glanz.

Tuxtla wartete. Die Sonne ging nicht unter. Sie stand still am Firmament, und die Schar der blinkenden Sterne bewegte sich in gleichlaufenden Kreisen rasch um den Glutball.

Tuxtla stellte sich auf die Zehenspitzen, um den Sehwinkel nach unten zu vergrößern. Sie erschrak.

Auch hier breitete sich der Sternenhimmel aus, als stehe sie auf einer unendlichen, unbewegten Wasserfläche, in der die Sterne sich spiegelten.

Aber das Spiegelbild der Sonne fehlte. Und da unten — wahrhaftig —, da schwebte als dünne, feine Sichel der Mond! Und auch er machte den Reigen um die Sonne mit . . .

Es mochte um die 18. Stunde nach dem Start sein. Korf stellte das kleine Teleskop im Führerraum auf einen mit bloßem Auge kaum wahrnehmbaren Punkt des Firmaments ein und rief Burns.

„Sehen Sie hindurch“, forderte er den Engländer auf, und ein eigenartig triumphierendes Lächeln stand in seinen Mundwinkeln.

Burns schraubte am Okular.

„Ein merkwürdiger Doppelstern“, meinte er zweifelnd. „Er sieht aus wie ein Planet, um den ein kleiner Mond sehr rasch und nahe kreist. Beide schimmern auffallend blau und — was ist denn das? — Der Planet ist umschwirrt von kleinen Funken und weißlichen Fäden.“ . . .

„Es ist ein zweiter Trabant der Erde und umkreist sie innerhalb der Mondbahn“ . . .

„Und von diesem zweiten Erdenmond weiß noch niemand?“ fragte Burns erstaunt.

„Er existiert nicht seit lange.“ Korfs Augen strahlten. „Diesen Mond habe ich gebaut. Es ist ein Astropol, unser Ziel.“

Burns erinnerte sich der Angaben Nielsons über die stationäre Rakete, die in konstanter Bahn die Erde umflog.

„So ist dieser Körper eine Raumrakete?“

„Nein! Er besitzt keinerlei Maschinenantrieb. Er ist wirklich nichts anderes als ein künstlich erbauter kleiner Himmelskörper, der unveränderlich eine bestimmte Gravitationsbahn innehält.“

„Und er stürzt nicht zur Erde ab?“

„So wenig wie der alte Mond, oder die Erde zur Sonne. Es war nur nötig, ihm einmal die erforderliche Tangentialgeschwindigkeit zu geben. Aus der Erdanziehung und dieser seitlichen Eigenbewegung stellt sich dann ganz von selbst die entsprechende Keplersche Ellipse ein, und die verändert sich nicht, solange die Bewegung des künstlichen Sternes nicht irgendwie durch technische Mittel beschleunigt oder abgebremst wird.“

„Aber Sie mußten doch den Bau einmal von der Erde heraufbringen in diese Regionen, mußten ihn in Bewegung setzen, und“ — er unterbrach sich, — „wie groß ist denn das Ganze?“

„Der Hauptkörper hat 120 Meter größten Durchmesser“, gab Korf sachlich an.

„Wie? Die Länge eines immerhin ansehnlichen Ozeandampfers? Und dieses Ungetüm haben Sie hunderttausend[1]) Kilometer hoch über die Erde gehoben und in Umschwung versetzt?“ rief Burns fassungslos. „Und die Öffentlichkeit hat von all diesen Riesenarbeiten nichts bemerkt?“

„So umständlich haben wir die Sache freilich nicht angestellt!“ erklärte der Ingenieur gemütlich. „Glauben Sie denn, daß beispielsweise das Zugspitz-

[1]) Ich würde eine solche Station nur 1000 km über der Erde fliegen lassen. H. O

Observatorium erst in Garmisch gebaut und dann auf den Berggipfel hinaufgeschafft worden ist?“

„Sie wollen damit sagen, Astropol sei an Ort und Stelle erbaut worden?“

Korf nickte.

„Ja, an welchem Ort und an welcher Stelle denn — im Nichts? Und von wem?“

„Die Sache war mühsam und zeitraubend, aber glücklicherweise doch nicht so schwierig, wie Sie sich das vorstellen. Zunächst ließen wir unser größtes Raumschiff — den alten ‚Geryon‘ — in der für den künstlichen Mond vorgesehenen Bahn um die Erde gravitieren. Das bot gar keine Schwierigkeiten.“

„Das sehe ich ohne weiteres ein!“

„Der ‚Geryon‘ erhielt eine Arbeiterbelegschaft von dreißig Mann, die regelmäßig abgelöst wurde. Und diese Arbeiter bauten dann nach und nach Astropol auf — ganz einfach um den ‚Geryon‘ herum.“

„Während der Fahrt? Das heißt, während das Raumschiff dauernd in rasendem Tempo um die Erde flog?“

„Natürlich! Betrachten Sie sich doch selbst, Herr Burns, Sie sitzen da festgebunden auf Ihrem Stuhl, weil Sie nicht über das geringste Körpergewicht verfügen, das Sie auf Ihrem Sitz festhalten könnte. Schlüpfen Sie in einen unserer Taucheranzüge und klettern Sie durch die Doppelschottentüre hinaus — Sie werden seelenruhig neben unserer Rakete schweben und überhaupt nichts davon spüren, daß wir schneller als das beste Erdenflugzeug durch den Raum schießen. Solange keine Raketendüse arbeitet und kein Luftwiderstand uns hemmt, herrscht völlige Schwerefreiheit, und es ist genau so, als ob wir still stünden und Astropol auf uns zueilte. Die alte Geschichte von der Relativität aller Bewegungen, die im leeren Raum durch nichts gestört wird.“

Burns antwortete nicht gleich. Es fiel ihm schwer, sich von seiner irdischen Anschauungsweise frei zu machen.

„Aus welchem Material wurde Astropol gebaut?“ fragte er endlich.

„In der Hauptsache aus Natrium, das in großen Stücken fortlaufend von vier eigenen Tankraketen aus allen Gegenden der Erde herangeschafft wird. Die Rakete ‚Venus‘ ist ein solches Natrium-Schiff und war eben von Chile her unterwegs.“

„Ich wage kaum mehr Einwände, Herr Korf, aber Natrium ist nach meinen Kenntnissen ein Metall, das weicher wie Butter und chemisch derart aktiv ist, daß man es unter Petroleum aufbewahren muß, um seinen sofortigen Zerfall zu verhindern.“

„Können Sie denn gar nicht loskommen von Ihren erdbezüglichen Vorstellungen? Gewiß verbrennt Natrium, sobald es mit Luft in Berührung kommt. Aber ich versichere Ihnen, daß dieses Metall unter den Verhältnissen des luft- und wärmefreien Raumes das vorzüglichste Baumaterial abgibt, das man sich nur wünschen kann. In der Kälte von 270 Grad unter Null kommt es dem besten Stahl an Festigkeit gleich und hat außerdem den Vorzug des geringen Gewichtes, was für den Bau selbst freilich bedeutungslos ist (für das Natriumseil zwischen Hauptkörper und Schwerezelle sowie für die Drähte des Spiegelnetzes ist es keineswegs bedeutungslos, H. O.), aber für die Herbeischaffnung von der Erde eine ausschlaggebende Rolle spielt. Die Verarbeitung dieses Materials ist sehr einfach, da es bei der Ankunft der Tankschiffe noch weich ist und mühelos zu beliebig starken Blechen ausgewalzt werden kann. Dazu kommt die Schwerelosigkeit an der Baustelle, die es ermöglicht, aus einem Arbeiter mindestens das Fünfzigfache seiner gewöhnlichen irdischen Leistung herauszuholen. Nur dadurch ist es auch erklärlich, daß es gelang, in rund acht Monaten einen Bau fertigzustellen, der auf der Erde viele Jahre erfordert hätte."

In aufrichtiger Bewunderung blickte Burns auf den Mann, der mit solcher Einfachheit und Selbstverständlichkeit über Leistungen sprach, die in die Welt der Sterne eingriffen.

„Ich fange an zu begreifen, daß Ihnen nichts mehr unmöglich ist, Herr Korf."

„Und ich verstehe immer weniger, wie man soviel Aufhebens machen kann von all den Arbeiten, die doch im schwerefreien Raum um so vieles leichter auszuführen sind als auf der Erde. Bedenken Sie nur, wie viele Leute beim Hausbau lediglich damit beschäftigt sind, die Ziegelsteine von einem Stockwerk zum andern zu befördern. Hier hält ein Mann eine viele Zentner schwere Natriumplatte in den Fingerspitzen und schiebt sie zurecht, sie wiegt ja nichts.

Das einzig Störende ist nur die Tatsache, daß der menschliche Organismus den dauernden Aufenthalt in der Schwerefreiheit nicht recht verträgt. Zwar ist auch das individuell verschieden, aber die Notwendigkeit einer Schwerezelle wurde immer mehr akut."

„Schwerezelle? Das wäre ein Raum mit künstlich erzeugter Schwerkraft?"

„Gewiß! Sie haben die Lösung dieses Problems bereits mit eigenen Augen gesehen. Sie bezeichneten vorhin Astropol als Doppelstern, und mit Recht. Die Anlage besteht aus einem Hauptkörper — einer stark abgeplatteten diskusähnlichen Hohlkugel — und einem viel kleineren Begleitkörper von der Form einer langgestreckten Birne. Diese beiden Bauten sind durch eine Art Schlauch von sechzehnhundert Meter Länge miteinander verbunden (ich hätte diesen Schlauch mindestens 10 km lang gemacht, H. O.) und rotieren in diesem Abstand umeinander. Da die Masse des kleinen Begleitkörpers nur einen Bruchteil derjenigen des Hauptkörpers ausmacht, liegt der gemeinschaftliche Schwerpunkt, also der Drehpunkt, so dicht am Zentrum des Diskus, daß dieser sich lediglich an Ort und Stelle um seine Achse dreht, während die Birne am Seil in einer Kreisbahn um ihn schwingt. Verstehen Sie das? — — —

„Die rasche Rotation von einer halben Umdrehung in der Minute erzeugt in dem umschwingenden kleinen Trabanten einen Zentrifugalandruck nach außen, der etwas weniger als die normale Erdschwere ausmacht. Es gibt hier also wieder ein Oben und ein Unten, der Insasse spürt sein Körpergewicht und kann ganz normal sitzen, liegen und gehen. Natürlich sind in dieser Birne die Wohn- und Schlafräume untergebracht."

„Wunderbar! Und der Diskus?"

„Ist die eigentliche Station — die Plattform im Raum, die wir als erste Grundbedingung für die Weiterentwicklung der Raumschiffahrt brauchen." . . .

Je mehr sich die B. R. K. III ihrem Ziele näherte, desto mächtiger wuchs die gewaltige Masse von Astropol vor den erstaunten Blicken des Engländers. Bald erkannte er deutlich alle Einzelheiten mit unbewaffnetem Auge.

Der riesige, sich drehende Diskus lag so, daß sich der eine der beiden stark abgeplatteten Pole genau auf die Sonne richtete und in greller Beleuchtung gleißte. Scharf zeichnete sich die Schattengrenze auf dem wulstigen Äquator ab, und der andere Pol lag dauernd in tiefer Finsternis.

Um das Ganze schwang sich unaufhörlich — wie die Speiche eines Riesenschwungrades — das gestreckte dicke Natriumseil, das vom Äquatorwulst des Diskus auslief und am äußersten Ende die umsausende kleine Birne wie am Stiele festhielt.

Die durchs Fernrohr beobachteten Lichtpunkte erwiesen sich als die prall geblähten, sonnenbeschienenen Gummianzüge[1]) und Taucherhelme von Arbeitern, die am Sonnenpol der Station wie Bienen aus- und einschwebten. Ab und zu glitten winzig kleine Raketenboote hinaus in den Raum, die schimmernde Metallstücke vor sich herschoben.

Der ganze Verkehr schien sich hauptsächlich in einer bestimmten Richtung zu bewegen, und Burns entdeckte auch bald in einiger Entfernung von Astropol eine dichte Anhäufung der glimmenden Punkte.

„Wird da drüben in der Richtung der Sonne nicht eben gebaut?" fragte er Korf. . . .

Wenige hundert Meter vor dem Ziele war der Ausgleich vollständig erreicht. Die Rakete lief in der gleichen Kreisbahn wie die Station, und beide schienen gegenseitig stillzustehen. . . .

„Wie kommen wir nun hinüber?" meinte der Engländer.

„Sehen Sie, unsere ‚Hafenbeamten' kommen ja schon herbei!" sagte Korf lachend. „Das geht nun ziemlich rasch."

Zwei der leuchtenden Gummiblasen glitten heran. Mit Hilfe der Rückstoßwirkung von Pistolenschüssen schnellten sie gleich kleinen, lebenden Raketen durch den Raum.

Sie zogen ein biegsames Drahtseil hinter sich her, das auf dem schwarzen Hintergrund des Himmels gleißte wie eine schillernde Natter, und schlangen es dann um den Rumpf des angekommenen Schiffes. Die erste Verbindung war hergestellt.

Drüben wurde das Seil eingezogen, und die B. R. K. III rückte an den gewaltigen Körper von Astropol heran.

Genau auf dem Sonnenpol setzte sie auf und wurde sofort von der Drehung erfaßt. Einen Augenblick kämpfte Burns gegen ein unbehagliches Schwindelgefühl an, dann war es überwunden. Er fühlte die Drehbewegung nicht mehr — das Heer der Sterne schien nun in gleichmäßigem Lauf im Kreise zu ziehen.

Korf traf keine Anstalten, das Schiff jetzt zu verlassen, und Burns mußte seine Ungeduld noch einige Zeit bezähmen. Er hing in den Lederschlingen und suchte nach Möglichkeit durch die Fenster seine neue Umgebung zu mustern.

Da geriet das Schiff wieder in Bewegung, und plötzlich wurde es dunkel. Burns war es, als würde die Rakete seitwärts fortgeschoben.

---

[1]) Ich würde die Taucheranzüge in der Hauptsache aus Stahlblech machen. H. O.

Minuten verstrichen. Draußen setzte ganz leise ein Rauschen ein, das bald anschwoll und dann in ein Pfeifen überging, als wehe starker Wind. Nach kurzer Zeit erstarb das Getöse. Ein gedämpfter Lichtschein drang durch die Bullaugen.

Nun öffnete Korf endlich den mehrfach gesicherten inneren Verschluß der Doppelluke.

„Sind Sie bereit zum Aussteigen, Herr Burns?"

„Ich wartete schon lange darauf, Herr Korf." Er sah sich nach den Gummianzügen um.

„Sie können das Schiff verlassen, wie Sie sind! Wir sind bereits im Innern von Astropol, und Sie brauchen nicht zu befürchten, daß Sie . . . . ersticken müssen. Kommen Sie!"

Korf faßte den Engländer am Arm und schob ihn durch die Luke hinaus. Die Männer schwebten nun neben dem Schiff in einem abgeschlossenen, halbdunklen Raum. Von irgendwo her strahlte Licht. An den Wänden hingen überall Schlingen und Riemen.

Verwirrt folgte Burns dem Ingenieur, der sich an der Wand entlang zu einer großen, torartigen Öffnung zog.

Dann kamen sie in eine weite, sehr helle Halle, die von einem Gewirr von Stangen und straff gespannter Hanfseile nach allen Richtungen durchzogen war.

Von der einen gewölbten Wand strahlte durch Hunderte runder Fenster die Sonne herein und wärmte die Luft fühlbar. Die andern Begrenzungen des Raumes konnte Burns nicht sehen, sein spähender Blick verfing sich in dem Netz von Seilen, und er hatte das Gefühl, der Raum sei unendlich und unbegrenzt.

„Wir sind jetzt in der Haupthalle unter dem Sonnenpol des Diskus", erklärte Korf. „Die Kammer, die wir eben verließen, ist der große Einfahrtsschacht für Raumschiffe, dessen Außentor nach unserem Eintritt fest verschlossen wurde. Wir mußten so lange warten, bis der Schacht voll Luft gepumpt war. Er ist natürlich wie alle Eingänge als Luftschleuse gebaut mit Innen- und Außenverschluß, um den Luftdruck im Innern der Station nicht zu gefährden.

In der Halle herrschte reges Leben. Da und dort glitten Menschen durch die weiten Maschen des Tauwerks. Man bemerkte kaum, daß sie sich mit den Händen und Füßen durch die Maschen stießen und mit kurzen Griffen an den Seilen ihre Bewegung korrigierten. Sie schienen frei hindurchzugleiten wie Goldfische durch das Pflanzengewirr eines Aquariums.

Burns begriff plötzlich den Zweck des Seilwerks. Wäre der Raum leer gewesen, so hätte es große Schwierigkeiten bereitet, sich in der Schwerelosigkeit darin von Ort zu Ort zu bewegen, und man wäre darauf angewiesen gewesen, sich langsam an den Wänden herumzuziehen . . ."

So weit Gail.

Außer zu wissenschaftlichen Untersuchungen könnten diese Stationen auch praktischen Zwecken dienen.

1. Mit ihren scharfen Instrumenten könnten sie auf der Erde jede Kleinigkeit erkennen und könnten mit geeigneten Spiegeln nach der

Erde Lichtsignale geben. Sie ermöglichen die telegraphische Verbindung mit Orten, zu denen weder Kabel noch elektrische Wellen gelangen. Da sie bei klarem Himmel nachts eine Kerze und tags einen Taschenspiegel bemerken, wenn sie nur wissen, wo sie ihn suchen sollen, so können sie namentlich zur Verbindung von Expeditionen mit dem Heimatland, von weit vorgeschobenen Kolonien mit dem Mutterland usw. viel beitragen. Weiter können sie unerforschte Länder und unbekannte Völker beobachten und photographieren. Ihr strategischer Wert, besonders bei Kriegsschauplätzen mit geringer durchschnittlicher Bewölkung, liegt auf der Hand; zumal da die Spiegelsignale, die sie selbst geben, nur auf beschränktem Raum wahrzunehmen sind. Weiter bemerkt die Station jeden Eisberg und kann die Schiffe warnen, entweder direkt, wenn nämlich ihre Signalspiegel so stark sind, daß das Schiff sie durch die meist neblige Luft hindurch bemerkt, oder wenigstens indirekt, indem sie den Eisberg einer Stern- oder Seewarte melden. Das Unglück der Titanic von 1912 wäre z. B. auf diese Weise verhindert worden. Auch zur Rettung Schiffbrüchiger könnten diese Stationen beitragen, Nungesser und Coli z. B. hätte man auf diese Weise retten können; weiter könnten sie für den Zeitungs- und Telegraphendienst wertvoll sein u. a. m.

2. Die Beobachtungsstation könnte gleichzeitig auch Brennstoffstation sein, denn als Brennstoffe dienen Wasserstoff und Sauerstoff, die sich hier beliebig lange im festen Zustande halten, wenn man sie nur gegen die Sonnenstrahlen schützt. Eine Rakete, die auf der Beobachtungsstation gefüllt wird und von hier abfährt, leidet nun unter dem Luftwiderstand gar nicht, die Wände ihrer Brennstoffbehälter dürfen daher sehr dünn sein, wodurch das Verhältnis zwischen Anfangs- und Endmasse sehr günstig beeinflußt wird. Weiter darf auch die Beschleunigung sehr klein sein, wenn sie nur in der Bewegungsrichtung der Station erfolgt, denn die Schwere ist ja schon durch die Kreisbewegung aufgehoben, und es muß mithin auch der kleinste Antrieb zur Erhöhung der potentiellen und kinetischen Energie des Raumschiffes dienen. Demgemäß kann auch der Treibapparat im Vergleich zur Brennstoffmenge klein sein, was ebenfalls günstig auf das Massenverhältnis zurückwirkt. Weiter braucht eine solche Rakete keinen besonders hohen Antrieb mehr, um das Schwerefeld der Erde zu verlassen, denn eine Geschwindigkeit von 8 km/sek hat sie schon. Raumschiffe, die von einer solchen Station im Weltraum

abfahren, können also Leistungen vollbringen, die für Raketen, die von der Erde abfahren sollen, gänzlich unmöglich wären. Wir brauchen sie auch gar nicht für die Landung auf Weltkörpern einzurichten. Wir können eine große Rakete in der Art mit einer kleineren verbinden, daß die große Rakete nur bis zum Planeten hin und nachher wieder zurückfliegt und bloß um den Planeten kreist, während die kleine zum Planeten hinab und später wieder aufsteigt.

Es wird auch wahrscheinlich möglich sein, diese Ätherstationen als Bau- und Anlegestationen für Raumschiffe zu gebrauchen, die den zur Fortbewegung nötigen Rückstoß dadurch erzeugen, daß sie kleine elektrisch geladene Teilchen abschleudern. Bekanntlich werden in einem Raum, in welchem die Luft stark verdünnt ist, von elektrisch geladenen Platten, den sogenannten Elektroden, solche Teilchen mit großer Geschwindigkeit abgestoßen. Je dünner die Luft ist, um so schneller fliegen sie. Man konnte bis jetzt bei Gasteilchen schon Geschwindigkeiten bis zu 1000 km/sek erreichen, doch wird man sich bei Raumschiffen wohl mit 10—20 km/sek begnügen [1]). Man kann die Abstoßungsgeschwindigkeit dadurch regeln, daß man die Elektroden hohl und aus gasdurchlässigem Material macht und daß man mehr oder weniger Gas durch dieselben hindurchtreten läßt. Nach dem Impulssatz nun muß das Massenverhältnis bei so enormen Ausstrahlungsgeschwindigkeiten minimal sein [2]).

[1]) Die Arbeitsleistung der Maschinen ist nämlich gegeben. (Wir werden gleich sehen, warum.) Daher nimmt nach dem Energiesatz die Gasmenge, die während einer Sekunde abgeschleudert wird, mit dem Quadrat der Geschwindigkeit ab. Der Rückstoß dagegen, den ein Gramm der abgeschleuderten Materie dem Apparat zu erteilen vermag, ist nach dem Impulssatz bloß der ersten Potenz der Geschwindigkeit proportional. Es folgt daraus, daß die Beschleunigung der Abstoßungsgeschwindigkeit umgekehrt proportional ist. Nun beträgt die Beschleunigung schon bei $c = 20$ km/sek kaum mehr $1/_2$ cm/sek^2. Und bei $c = 100$ km/sek würden wir zwar nach einigen Monaten bei minimalem Massenverlust ungeheuere Endgeschwindigkeiten erreichen, aber die Anfahrt würde eben monatelang dauern, und dadurch würde die Reise doch länger dauern, als wenn man mit geringer Geschwindigkeit fährt, diese aber bald erreicht.

[2]) Zur Klärung einiger Mißverständnisse möchte ich bemerken, daß es sich hier nicht um einen eigentlichen Ionen- oder Elektronenstrom, sondern um einen sogenannten elektrischen Wind handelt. Das durch die Elektrodenwand diffundierende Gas verliert sich nicht augenblicklich im Weltraum, daher ist diese Wand sozusagen mit einer Gashaut bedeckt. In diese Gashaut schlagen nun die mit hoher Geschwindigkeit abgeschleuderten elektrischen Teilchen ein und

Beim elektrischen Raumschiff müßten große Spiegel das Sonnenlicht auf Dampfmaschinen werfen, die dann Influenzmaschinen antreiben. Diese erzeugen den notwendigen hochgespannten Strom. Solche Raumschiffe könnten nun von kleineren Asteroiden mit verhältnismäßig geringem Aufwand an Mitteln (sie finden z. B. auch ihre Treibstoffe auf den Asteroiden) wertvolle Mineralien nach der Ätherstation bringen, von wo sie leicht zur Erde zu befördern wären. Man müßte aus den Metallen große, auf dem Meere schwimmende Hohlkugeln herstellen, in welche man die übrigen Mineralien hineinfüllen könnte. Zur Vermeidung einer allzu starken Erwärmung an der Luft könnte man daran fallschirmartige innen mit Eis beschlagene Anhängsel anbringen oder aber, man könnte die Kugel mit weniger wertvollem, feuerfestem Material umgeben. Wenn man eine solche Kugel von der Ätherstation mit 100 m/sek nach rückwärts schleudern würde, so würde sie auf ihrer Keplerschen Ellipse so tief sinken, daß sie die Atmosphäre streift und zur Erde fällt. Der Niederfallsort läßt sich mit astronomischer Genauigkeit bestimmen.

Ihrer ausgedehnten Bauart und geringen Beschleunigung wegen könnten diese elektrischen Raumschiffe nicht auf größeren Weltkörpern landen. Es ist aber vielleicht möglich, daß bei sehr hoher Spannung die elektrisch geladenen Teilchen einige 1000 km weit fast parallel zueinander fliegen. Man könnte dann ein positives und ein negatives Strahlenbündel auf ein kleines Raumschiff richten. (Diese Strahlenbündel hätten ihrer geringen Masse wegen fast keine Stoßkraft.) Das kleinere Raumschiff nun könnte mit der elektrischen Energie, die ihm so zugeführt wird, einen langsameren aber stoß-

---

werden vom Gas festgehalten. Sie können sich nur von der Elektrode entfernen, wenn sie die hindernden Gasteilchen mit in Bewegung setzen. Dabei wird 1. die Durchschnittsgeschwindigkeit des elektrischen Windes um so kleiner, je dichter wir diese Gashaut machen. (Wir haben aber die Dichte dieser Gashaut völlig in unserer Hand, da wir *vor* dem Bau das Material der Elektrodenwand entsprechend wählen und *während* der Fahrt den Innendruck der Elektrode regulieren können.) 2. Je dichter die umgebende Gasschicht ist, desto länger werden die Elektrizitätsträger im Abstoßungsbereich der Elektrode festgehalten, desto länger haben sie also Zeit, ihre abstoßende Kraft auszuüben, und desto höher ist daher der erzielte Rückstoß. — Tatsächlich ist es auch schon beim Laboratoriumsversuch gelungen (nämlich durch entsprechende Evakuierung des Raumes vor der Elektrode), einen elektrischen Wind mit 10—20 km/sek Durchschnittsgeschwindigkeit zu erzeugen.

kräftigen elektrischen Wind erzeugen, der den nötigen Rückstoß liefert. Es könnte natürlich auch nur im luftleeren Raum arbeiten, hier könnte es aber Beschleunigungen bis zu 30 m/sek² erreichen. Es könnte ohne weiteres auf dem Mond landen (was für eine Rakete überaus schwierig sein wird), weiter könnte man mit diesen Raumschiffen sehr leicht einen ständigen Verkehr zwischen zwei Planeten aufrechterhalten. Es müßte um jeden Planeten eine Energiestation kreisen, so daß die eine das Raumschiff bei der Abfahrt mit Energie versorgt, während es die andere bei der Ankunft in Empfang nimmt und ihm die zum Bremsen nötige Elektrizität zuschickt. Auf diese Weise wäre der Verkehr zwischen zwei Planeten stets und im Laufe weniger Wochen möglich, während die Fahrt mit Raketen nur manchmal, bei besonders günstiger Stellung der Weltkörper möglich ist und auch da Monate und selbst Jahre dauern kann. Auf Planeten mit einer Atmosphäre könnte ein solches Raumschiff allerdings nur landen, wenn es außer seinen Elektroden auch noch eine Raketendüse besitzt, da es innerhalb der Atmosphäre nicht mit Strom versorgt werden kann. Es müßte aber nur so viel Brennstoff mit sich führen, als zum Durchfahren der Atmosphäre nötig ist.

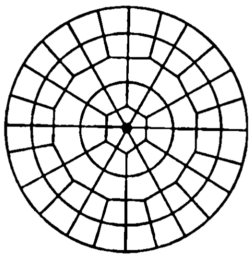


Abb. 50*).

3. Man könnte schließlich auch ein kreisförmiges Drahtnetz durch Drehung um seinen Mittelpunkt ausbreiten (vgl. Abb. 50). In die Lücken zwischen den einzelnen Drähten würden bewegliche Spiegel aus leichtem Metallblech eingesetzt, so daß man ihnen von der Station aus jede Stellung zum Drahtnetz geben könnte. Der ganze Spiegel würde in einer Ebene senkrecht zur Erdbahn um die Erde kreisen. Durch geeignete Stellung der einzelnen Facetten könnte man nun die ganze, vom Spiegel zurückgestrahlte Sonnenenergie nach Bedarf auf einzelne Punkte der Erde konzentrieren oder auch über weite Länderstrecken ausbreiten oder sie in den Weltraum hinausstrahlen lassen, wenn man keine Verwendung dafür hat. Ist z. B. der Spiegel 1000 km weit, so hat das Spiegelbild jeder Facette 10 km im Durchmesser. Wir haben es hier mit einer Erscheinung ähnlich der Dunkelkammer zu tun. Solange eine dieser Facetten kleiner als 10 km ist,

*) Aus Oberth, „Die Rakete zu den Planetenräumen" (Verlag Oldenbourg, München 1923).

liefert sie unabhängig von ihrer Größe und Gestalt ein kreisrundes Sonnenbild. Nach den Gesetzen der geometrischen Optik muß dabei das Sonnenbild von der Facette aus betrachtet mindestens ebenso groß erscheinen wie die Sonne selbst. Ist also d der Durchmesser dieses Sonnenbildes, a sein Abstand von der Facette, D der Sonnendurchmesser und A der Abstand des Spiegels von der Sonne, so ist

$$\frac{d}{a} > \frac{D}{A}$$

(Ich führe das hier an, weil in einigen Raumfahrtromanen grobe Fehler vorkommen.) Wenn sich alle Sonnenbilder decken würden, so würde die gesamte vom Spiegel kommende Energie auf einen Raum von 78 km^2 konzentriert. Die spiegelnde Fläche kann beliebig groß sein, und es können so kolossale Wirkungen hervorgerufen werden. Hätte z. B. der Spiegel auch nur 100 km Durchmesser, so könnte man durch zerstreutes Licht weite Länderstrecken im Norden bewohnbar machen, in unseren Breiten könnte man im Frühjahr die gefürchteten Wetterstürze (Eismänner) und im Herbst und im Frühjahr die Nachtfröste verhindern und damit die Obst- und Gemüseernten ganzer Länder retten. Durch Bestrahlung einzelner Landstriche könnte man in Steppen und Wüsten Platzregen und Gewitter hervorrufen. Durch geeignete Bestrahlung der Gegenden um das Felsengebirge könnte man den Chinookwind hervorrufen, durch Erwärmung Serbiens und Nordfrankreichs wäre die Bora und der Mistral zu verhüten. Wir könnten mit diesem Spiegel die Zugstraßen der Minima beeinflussen, oder kurz gesagt, wir könnten das Wetter machen[1]). Besonders bedeutungsvoll ist, daß der Spiegel nicht über einem Punkte der Erde feststeht und daß er daher dies alles gleichzeitig leisten kann.

Als Material würde ich Natrium vorschlagen. Es kann im luftleeren Raum leicht zu Platten ausgewalzt oder zu Drähten verarbeitet werden. Hat das spiegelnde Blech die Dicke von 0,005 mm und ist die Masse der Drähte usw. ebenso groß wie die des Blechs, so wiegt das Ganze pro m^2 10 Gramm, pro Hektar 100 kg. Das Hektar würde meiner Schätzung nach auf etwas weniger als 3500 Mark

---

[1]) Weiter könnte man den Spiegel dazu benutzen, um Sonnenkraftmaschinen mit Energie zu versorgen. Einzelne Facetten könnten zur Nachtbeleuchtung großer Städte dienen u. a. m.

kommen, wenn das Material von der Erde hingeschafft werden muß. Ein Hektar Spiegelfläche kann etwa 3 Hektar der Polarländer kultivieren, es kann also sehr wohl der Zeitpunkt kommen, wo dieser Spiegel rentabel wird.

Ein Spiegel von 100 km Durchmesser würde auf diese Weise auf 3 Milliarden Mark zu stehen kommen, und zu seinem Bau wären ca. 15 Jahre erforderlich. Wesentlich günstiger würde die Rechnung sich stellen, wenn man das Material vom Mond oder von einem Asteroiden mit Hilfe elektrischer Raumschiffe herbeibringen könnte. Da würde sich der Spiegel (einschl. der Kosten der Raumschiffe) unter Umständen schon für 2—300 Millionen Mark in weniger als einem Jahre bauen lassen.

Da nun ein solcher Spiegel auch hohen strategischen Wert hat (man könnte damit Munitionsfabriken sprengen, Wirbelstürme und Gewitter erzeugen, marschierende Truppen und ihre Nachschübe vernichten, ganze Städte verbrennen oder wenigstens vom Sturme umblasen lassen und überhaupt den größten Schaden anrichten), wäre es sogar nicht ausgeschlossen, daß einer der Kulturstaaten bereits in absehbarer Zeit an die Ausführung der Erfindung geht, zumal sich auch im Frieden ein großer Teil des angelegten Kapitals verzinsen dürfte.

Über die Führung des Spiegels will ich hier nur wenig mitteilen. Das Netz dreht sich um seinen Mittelpunkt, und seine Ebene bildet mit der Richtung der Schwerkraft einen schiefen Winkel. Es führt daher gewisse Präzessionsbewegungen aus, so wie ein schrägstehender Kreisel. Außerdem übt das Sonnenlicht auf die Spiegelfläche einen Druck aus, der zwar bei weitem nicht hinreicht, um den Spiegel von der Erde wegzublasen, der aber zum Steuern und Manövrieren benützt werden kann. Es gibt z. B. eine Führungsmöglichkeit, bei welcher das Spiegelnetz stets über der Grenze zwischen Tag- und Nachtseite der Erde gravitiert, und zwar 40 Minuten über der Südhalbkugel und 3 Stunden über der Nordhalbkugel, und das Netz bleibt dabei sowohl zur Richtung der Sonnenstrahlen als auch zur Senkrechten stets ca. 45 Grad geneigt. Daneben gibt es aber noch eine ganze Reihe anderer rationeller Führungsmöglichkeiten.

Der Dienst des Spiegelführers ist verhältnismäßig einfach. Es sind zwar sehr viele kleine Bahnstörungen durch fremde Weltkörper da, aber man braucht diese nicht weiter zu berechnen, da man den Spiegel mit Hilfe des Lichtdruckes immer wieder in seine richtige

Bahn zurückbringen kann. Man kann den Lichtdruck auch dazu benutzen, aus einer Führungsart zur anderen überzugehen.

Doch genug hiervon. Die Begründung für das, was ich hier gesagt habe, kann ich nur in meinem Raketenbuch bringen. — Es sind ja doch nur Zukunftsträume. Kühne? Kann sein, aber wir haben schon die Verwirklichung noch kühnerer Ideen erlebt. Noch in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts konnte ein namhafter Physiker sagen: „Neuerdings will man die Elektrizität sogar zu Beleuchtungszwecken heranziehen — es wird sich aber nicht bewähren.“ Und wer hätte 1894 geglaubt, daß man ein paar Jahre später mit Röntgenstrahlen durch den Menschen hindurchsehen werde. Der Ausspruch Philanders (Medizinische Märchen): „Man wird den Menschen durchsichtig machen wie eine Qualle“ war kühner als unser Zukunftstraum, denn dazu mußte etwas ganz Neues gefunden werden, hier dagegen haben wir es nur mit schon bekannten Naturgesetzen zu tun. — Es müssen gewiß gewaltige Energien umgesetzt werden, um diese Dinge zu schaffen. Aber sind im Weltkrieg nicht hundertmal größere Energien und tausendmal größere Geldsummen verausgabt worden? Die Völker Europas verrauchen und vertrinken in einem Jahre mehr, als der ganze Natriumspiegel kosten würde. Krieg und Rauschgifte sind nun freilich ziemlich unnötige Dinge, und für solche hat man bekanntlich mehr Geld übrig als für etwas Nützliches. Aber sollte die Menschheit nicht ausnahmsweise einmal auch für aufbauende Arbeit etwas erübrigen können?

Von der Luftschiffahrt zur Raumschiffahrt

Von Dr. Franz v. Hoefft

Als ich im Jahre 1907 im schönen Köln am Rhein weilte, hörte ich dort auch etwas von „Rheinseedampfern". Diese sind Dampfer, die den Rhein bis zur Mündung befahren und dann über die See etwa nach England, Skandinavien usw. Dabei wurde die scherzhafte Definition gegeben, ein Rheinseedampfer sei ein Dampfer, der weder auf dem Rhein noch auf der See fahren könne. In der Tat ist es unmöglich, die Eigenschaften, die ein Flußdampfer haben soll — besonders geringer Tiefgang —, mit den Eigenschaften der Seetüchtigkeit zu vereinbaren.

An diesen Scherz muß ich immer wieder denken, wenn Vorschläge gemacht werden, Unvereinbares zu vereinbaren. So schlug ein eifriger Artillerist, der ohne Kanonen nicht leben kann, vor, Raketen erst aus einer Kanone abzuschießen, um ihnen schon eine bedeutende Anfangsgeschwindigkeit zu erteilen, ohne zu bedenken, daß die Hauptvorzüge und unerläßlichen Eigenschaften der Raketen, allmähliche Beschleunigung und leichte Bauart, dadurch verlorengehen, da eine Granate also das Hohlgeschoß, das dann die Rakete darstellen würde, eben um die plötzliche Beschleunigung durch den gewaltigen Gasdruck im Kanonenrohre auszuhalten, sehr massiv sein muß und daß die Nutzladung, z. B. Registrierinstrumente, zwar die allmähliche Beschleunigung der Rakete, aber nicht den furchtbaren Stoß beim Abfeuern der Kanone aushalten kann.

Obwohl ich selbst öfters ausgesprochen habe, daß das Rückstoßflugzeug oder die Rakete organisch aus dem Flugzeug entwickelt werden soll, muß ich doch unumwunden sagen, daß der Versuch, bei einem gewöhnlichen Flugzeug die Motoren und Luftschrauben durch Raketen einfach zu ersetzen, nur zu einem Mißerfolg, einem „Rheinseedampfer", führen kann, obwohl er bei Laien einen großen Erfolg zu haben pflegt. Um das für den Laien verständlich zu beweisen, wird eine kurze Auseinandersetzung über die Grundlagen der Luftschiffahrt um so mehr erforderlich sein, als da in weitesten Kreisen die größte Verwirrung herrscht.

Die Luftschiffahrt beginnt mit den Aufstiegen der Montgolfièrs 1782 (Abb. 51) und Charles 1783. Beide stützten sich auf das Prinzip, daß ein Körper, der ein geringeres spezifisches Gewicht, d. h. also Gewicht für seine Volumeneinheit, hat als der Körper oder das Medium, in dem er schwebt, nach oben getrieben wird, und zwar so weit, bis er in eine Schicht kommt, deren spezifisches Gewicht dem seinen gleich ist. Nämlich die Erdatmosphäre setzt sich nicht mit gleichem Druck und daher nach den Gasgesetzen gleichem Gewicht nach oben fort, sondern beides nimmt nach dem Exponentialgesetz so ab, daß ihr Betrag für je etwa 5,5 km etwa auf die Hälfte sinkt. Würde sich die Erdatmosphäre mit gleichem Gewicht ins Unendliche fortsetzen, würde so ein Ballon jedesmal bis an die Grenze steigen, wo sich die Schwerewirkung der Erde mit derjenigen eines anderen Gestirns die Wage hält, z. B. bis zum neutralen Punkt zwischen Erde und Mond. Da dies leider nicht der Fall ist, müssen wir eben an andere Mittel denken für diese Fahrt. Die Montgolfièren erzielten einige Hundert Meter Höhe, die höchsten Berge in Europa sind 4800 m hoch (Montblanc, wenn man den Kaukasus nicht zu Europa rechnet), im asiatischen Himalajagebirge 8840 m, die Wasserstoffballons erreichten bemannt etwa 11 km, unbemannt (Registrier- bzw. Pilotballons) etwa 30 km. 11 km und noch etwas mehr wurden auch von Flugzeugen erreicht, etwa 40 km erreichte die Granate des deutschen Ferngeschützes. Ebendort liegt auch die Zone, in welcher die Meteoriten und Feuerkugeln zu explodieren pflegen. Bis 80 km wurde vulkanischer Staub bei der Explosion des Vulkans Rakata auf Krakatau in Insulinde geschleudert. In 10 km Höhe ist die Zone, in der unsere Witterung und die Wolken gebraut werden, zu Ende, die Troposphäre, darüber liegen die mächtigen isothermen Schichten der Stratosphäre über der oberen Inversion. Da hier die kräftige vertikale Durchmischung der Atmosphäre aufhört, muß nach den Gasgesetzen sich auch die prozentuelle Zu-

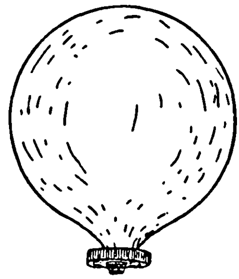


Abb. 51.
Montgolfièr.

nahme der leichteren Gase immer stärker geltend machen. Vor allem die schwersten: Kohlendioxyd und Sauerstoff nehmen stark

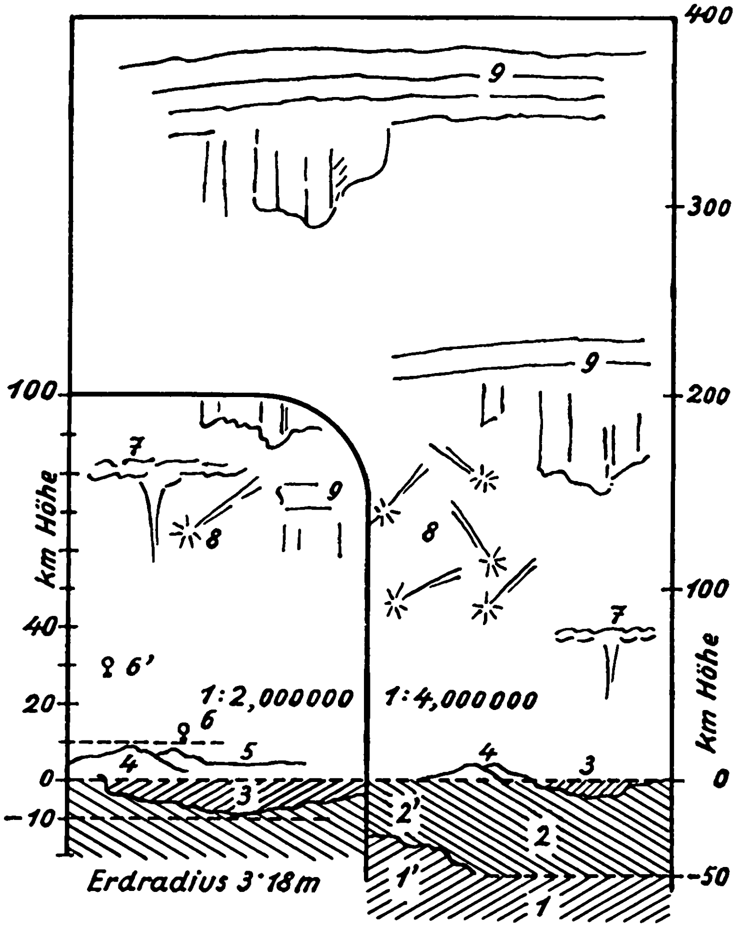


Abb. 52a
zeigt einen Schnitt durch die Atmosphäre.
1 = Magma, 2 = feste Erdrinde, 4 = höchster Berg der Erde Tschomolungma. 8,8 km, 3 = tiefste Meeresstelle, gegen 10 km, 5 = Hochland von Tibet, 6 = Bemannter Ballon und Flugzeug, 11 km, 6′ = Registrierballon, 30 km, 7 = Krakatauwolke, 8 = Sternschnuppen, 9 = Nordlicht, links ein Ausschnitt in doppeltem Maßstabe.

ab, Stickstoff ist von 40 bis 70 km fast Alleinherrscher. Darüber kommt die Wasserstoff-Heliumschicht. Atmungsschwierigkeiten für

Menschen beginnen individuell verschieden zwischen 3 und 6 km. Etwa alle 5 km nimmt die Dichte der Atmosphäre auf rund die Hälfte ab, also in 5 km ist sie $^1/_2$, in 10 km $^1/_4$ usw. Damit beginnt zuerst die Atmungsfähigkeit der Luftfahrer, dann die Tragfähigkeit der gewöhnlichen Luftfahrzeuge (sowohl Luftschiffe als auch Flugzeuge) immer mehr abzunehmen. Es muß daher zu innendruckfest geschlossenen Kabinen einerseits, zu Antriebsmitteln, die vom Medium der Luft unabhängig sind, wie die Rakete, andererseits gegriffen werden.

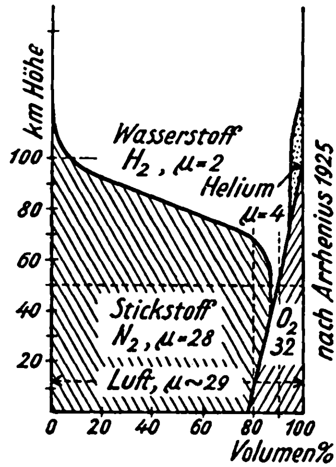


Abb. 52b gibt die nach der Höhe wechselnde chemische Zusammensetzung der Atmosphäre an.

Der Auftrieb eines Ballons entsteht im Falle der Montgolfière dadurch, daß die Luft im Innern des Ballons durch ein Feuer erhitzt wird, wodurch sie sich bekanntlich ausdehnt nnd in demselben Volumen (Rauminhalt) eine kleinere Masse bzw. Gewicht enthält. Bei Charles entsteht der Auftrieb durch die Verwendung von Wasserstoffgas, das ja das leichteste bekannte Gas ist und schon bei gewöhnlicher Temperatur nur weniger als ein Zehntel vom Gewicht der atmosphärischen Luft hat.

Das Prinzip des Ballonauftriebs ist also mit einem Wort das archimedische Prinzip. Daß es nicht unbedenklich ist, mit einem Feuer nach Montgolfièrs Methode in die Luft zu steigen, ist klar, und zudem ist der Auftrieb des Wasserstoffs viel stärker. Auch das Leuchtgas, ein Gemisch von Methan (CH_4), Wasserstoff (H_2), Äthylen (C_2H_4) usw. erreicht nicht den reinen Wasserstoff an Auftriebskraft, ist aber viel billiger. Darum hat man später Wasserstoff und Leuchtgas nebeneinander verwendet, doch sind die neueren Lenkballons wieder fast alle mit reinem Wasserstoff gefüllt, mit Ausnahme der amerikanischen, welche das Helium (He) oder Sonnengas (so genannt, weil es auf der Sonne früher entdeckt wurde als auf der Erde) verwenden. Helium ist zwar etwas schwerer als Wasserstoff, hat aber den großen Vorteil, daß es chemisch ganz unveränderlich ist, während Wasserstoff mit Sauerstoff bzw. Luft das explosible Knallgas bildet, das zwar anderwärts gut zu gebrauchen, in solchem Falle aber unangenehm ist. Durch derartige Wasserstoffexplosionen sind nicht wenige Ballone zugrunde gegangen, jeder erinnert sich wohl noch an das Unglück Zeppelins in Echterdingen oder an das des deutschen Marineluftschiffes L 2, vom Kriege ganz abgesehen, wo ja der Feind mit besonderen Brandgeschossen diese Eigenschaft des Wasserstoffgases ausnutzte. Leider ist aber Helium sehr selten, es ist zwar in der Luft vorhanden, aber nur in sehr winzigen Mengen, so daß die erforderlichen Quantitäten aus der Luft nur sehr schwer rein zu gewinnen sind. In etwas stärkerem Prozentsatz kommt es in amerikanischen Erdgasquellen vor, aus denen es denn auch gewonnen wird. Trotzdem bleibt sein Preis ein sehr hoher, um so mehr, da es ja bei großer Fahrt in dem Maße, als das Luftschiff seinen als Ballast dienenden Brennstoff Benzin verliert, abgelassen werden muß, damit der Auftrieb nicht zu groß wird. Dem Vernehmen nach soll der neueste Zeppelin statt des Benzins ein nicht genanntes Gas vom spezifischen Gewicht der Luft, jedenfalls auch ein Kohlenwasserstoffgemisch, in seinen Motoren verwenden, wodurch dann allerdings der Zwang zu Gasverlusten wegfällt. Dies wäre also der aerostatische Teil, aus dem wir erfahren, daß Ballone aller Arten, ob lenkbar oder nicht, nicht eigentlich „fliegen", sondern in der Luft schwimmen oder schweben, wie Fische im Wasser, während die Flugzeuge wirklich fliegen wie Vögel. Der Z R III ist so nach Amerika geschwebt, nicht geflogen — warum, werde ich bei der Besprechung der Flugzeuge noch deutlicher machen, denn gerade in diesen Grundbegriffen begegnet man oft einer Verwirrung, die zu den unangenehmsten Mißverständnissen und Fehlschlüssen führt. Nachdem unser Luftschiff jetzt schwebt, folgt es jeder Bewegung des Luftmeeres noch sklavisch, wir wollen es aber nicht aufs Geratewohl treiben lassen, sondern eine bestimmte Fahrt unternehmen. Dazu müssen wir es antreiben.

Einsichtslose haben gedacht, daß hierzu Segel geeignet wären; wir sehen aber, daß damit nichts erreicht wird, denn der Ballon ist ohnehin in der Luft eingekapselt und folgt ihr willenlos, hat daher bei stärkstem Sturm volle Windstille, solange die Luft sich gleichmäßig bewegt. Auch ist dabei vergessen, daß Segelboote den Wind nur deshalb benutzen und mit ihm beinahe jede Richtung erreichen können, weil sie an der Grenze zweier Medien fahren.

Erst aus dem Zusammenwirken vom Segel in der Luft und vom Kiel und Steuer im Wasser erwächst die Möglichkeit, auch einen gewissen Winkel gegen die Windrichtung anzuluven und damit gegen den Wind kreuzen zu können. Ein untergetauchtes motorloses Unterseeboot wäre dagegen ganz in dem Falle unseres Ballons und könnte sich nur willenlos von den Strömungen mitnehmen lassen. Bei Seeschiffen hat es sich erwiesen, daß etwa 4 m/sek oder 8 Seemeilen in der Stunde das Minimum ist, das man ihnen an Maschinenkraft geben muß, um jederzeit gegen Wind und Strömung aufzukommen. Bei der Luft ist dieses Minimum viel bedeutender. Nach den meteorologischen Statistiken ist 5 m/sek die normale Luftbewegung an der Erdoberfläche, die nach oben stark wächst und ziemlich häufig 10 m/sek überschreitet. Daraus läßt sich schließen, daß etwa 15 m/sek das Minimum für ein brauchbares Luftfahrzeug sind. Dies entspricht aber schon unseren schnellsten Torpedobooten mit 30 Seemeilen/Std. oder den Personenzügen mit 54 km/Std. Wenn wir jetzt weiter fragen, welche Kraft nötig ist, um einem bestimmten Luftschiff diese Geschwindigkeit zu erteilen, hat uns schon Ing. v. Loeßl-Wien mit seinen mustergültigen Experimenten und Berechnungen über den Luftwiderstand die Antwort gegeben. $P = v^2 F\gamma/g$ lautet seine erste Formel, die besagt, der Luftwiderstand P ist proportional der Fläche F, welche mein Fahrzeug der Luft entgegensetzt, mal dem Quadrat ihrer Geschwindigkeit v mal dem Gewicht eines Kubikmeters Luft γ, gebrochen durch die Beschleunigung der Erdschwere g. Wenn diese Kraft auf dem Wege, welcher der Geschwindigkeit v entspricht, geleistet werden soll, müssen wir sie noch einmal mit v multiplizieren, um die nötige Arbeit in mkg (Meterkilogramm), bzw. wenn wir in Zeiteinheiten rechnen, die notwendige Leistung oder Effekt in mkg/sek oder PS zu finden, und werden dann haben: $A = v^3 F\gamma/g$ mkg oder per Sekunde mkg/sek oder $^1/_{75}$ PS. Die Fläche F ist immer als der größte Querschnitt des Gesamtfahrzeuges in der Fortbewegungsrichtung zu denken bzw. bei einer schrägen Fläche, wie unseren Flugzeugtragflächen, die entsprechende Projektion. Wenn wir daher den Neigungswinkel der Fläche gegen die Horizontale α nennen, müssen wir statt F $F \sin\alpha$ schreiben in den obigen Formeln.

Ein weiteres Moment kommt noch zur Beachtung. Wie wir schon von den Seeschiffen wissen, kann der Widerstand des größten

Querschnittes, der das Medium (Wasser oder Luft) zu verdrängen hat, sehr gegen den einer Platte von der Form des größten Querschnitts verringert werden, wenn sich vorn und hinten spitz zulaufende Flächen daran anschließen. In den Schiffsversuchsschleppanlagen werden Modelle der Schiffe, die man zu bauen beabsichtigt, durch einen Kanal geschleppt, wobei feine Registrierinstrumente die nötige Arbeit anzeigen. Durch versuchsweise Änderungen im Einklange mit der Theorie hat man nun die Linien des Unterwasserkörpers so verfeinert, daß moderne Schiffe zur selben Geschwindigkeit nur einen Bruchteil der Pferdestärken brauchen als veraltete, wobei der Reduktionsfaktor der Widerstandsfläche bis auf $^1/_{81}$ herabgedrückt wurde. Da sich dies auch im Kohlenbudget ausdrückt und so ein ocean grey hound leicht für die Überfahrt von Europa nach Amerika in 5 Tagen 5 Mill. Kilogramm bester Kohle (heute schon meist die entsprechende Menge besten Heizöles) verbraucht, wird wohl jedem die Bedeutung dieser Tatsache im Zusammenhange des viel kleineren Verbrauches der modernen Maschinen an Raum und Gewicht sowie besonders an Brennstoff für die Pferdestärkenstunde (PSH) klar sein.

Ganz dasselbe konnte man auch auf die Luftfahrzeuge übertragen, nur, daß man in den Versuchsanstalten die Modelle nicht schleppt, sondern durch Ventilatoren sie mit einem Luftstrom anbläst von der Geschwindigkeit, welche der geforderten Fahrgeschwindigkeit entspricht.

Interessant ist es auch, sich die Leistungen der Motoren zu überlegen, welche bei steigenden Geschwindigkeiten für dasselbe Luftfahrzeug erforderlich sind zur Überwindung des Fahrt-, d. h. Luftwiderstandes. Wenn gesetzt wird

v 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

so muß sein:

A 1, 8, 27, 64, 125, 216, 343, 512, 729, 1000, 1331, 1728, 2191, 2744.

Man kann sich die Einheit von v und A beliebig wählen, um mit Hilfe dieser Tabelle für jedes Luftfahrzeug die Leistungssteigerung zu berechnen. Nehmen wir z. B. das erste maschinengetriebene Luftschiff von Giffard aus dem Jahre 1852, so müssen wir v_1 gleichsetzen 3 m/sek, die derselbe angeblich erreicht hat, für A 3 PS, was Giffards Dampfmaschine leistete, d. h. wir müssen alle Zahlen mit 3 multiplizieren, um herauszukriegen, wie man die Maschinenkraft hätte steigern müssen, um ein verwendbares Fahrzeug von 15 m/sek zu erhalten. Wir finden statt der 3 PS 3 mal 125 PS. Da es ausgeschlossen war, ein solches 125faches Motorgewicht diesem Ballon anzuhängen, ergab sich seine praktische Unbrauchbarkeit. Zeppeline haben bereits 3 mal 14 = 42 m/sek erreicht, Giffards Ballon hätte dazu 3 mal 2744 PS gebraucht, der stärkste Zeppelin hatte aber nur 2000 PS, während der im Bau befindliche 2500—3000 PS erhalten soll. Man sieht hieraus schon, daß auch die Formverbesserung in größtem Maße zu den Errungenschaften beigetragen hat, zumal ja die Zeppeline viel größer sind als Giffards Lenkballon.

Giffards Ballon hatte Spindelgestalt $L = 44$ m, $D = 12$ m, $V = 2500$ m³, d. h. bei Wasserstoffüllung etwa eine Tragfähigkeit von 2500 kg. Unter dem Ballon B befand sich eine Tragstange T, die am Ballonnetz hing. Daran war die Gondel G und das Steuer St aufgehängt. Die Gondel trug eine Dampfmaschine D, welche eine Luftschraube S in Drehung versetzte. Die Maschine leistete 3 PS bei 900 kg Gewicht, wurde mit Koks geheizt und erforderte etwa 30 kg Koks und Wasser für die PS/Std. Im Jahre 1872 folgte unser Landsmann Hänlein mit einem Luftschiff, das folgende technischen Daten hatte: $L = 50{,}4$ m, $D = 9{,}2$ m, $Q = 63{,}5$ m², $V = 2400$ m³ und, wie oben bemerkt (wie auch für die neuen Zeppelinprojekte vorgesehen), eine Gasmaschine, die durch das Füllgas (in diesem Falle

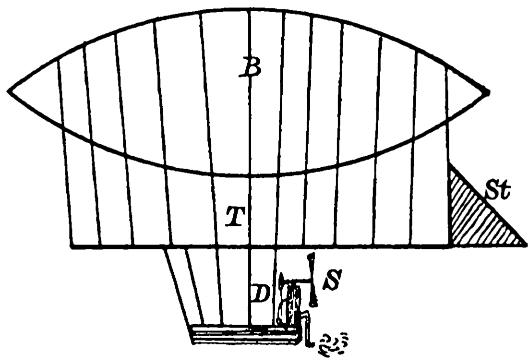


Abb. 53.
Der erste Motorballon Giffard 1852.

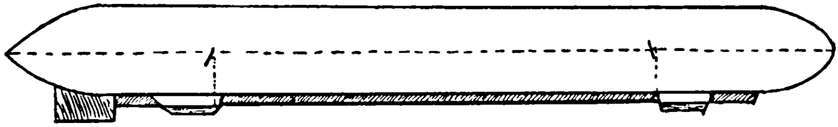


Abb. 54.
Der erste Zeppelin 1900.

Leuchtgas) gespeist wurde. Der Motor wog mit Kühlwasser bloß mehr 150 kg pro PS, gegen 300 bei Giffard. Trotzdem war auch diese Motorleistung noch viel zu gering für praktische Erfolge. Einen gewissen Fortschritt zeigte der Ballon von Renard und Krebs (1884), die Ballonform war der Hänleins ähnlich, der größte Querschnitt etwa 55,4 m², $L = 50{,}42$ m, $D = 8{,}4$ m und $V = 1864$ m³. Die Maschine war ein Elektromotor von 9 PS, der aus Chromsäurebatterien gespeist wurde. Das Motorgewicht war 77 kg pro PS/Std. Die Geschwindigkeit, die erreicht wurde, war 6,5 m/sek.

Der nächste bemerkenswerte Fortschritt war der Z 1, das erste Luftschiff Zeppelins (1900). Es hatte $L = 128$ m, $D = 11{,}66$ m, $V = 11\,300$ m³. Der Ballon konnte schon für 10 Stunden Betriebsmaterial an Benzin und Kühlwasser mitführen. In seinen beiden Gondeln befand sich je ein 15-PS-Daimlermotor, der 450 kg samt Kühlwasser wog, also statt der Giffardschen 300 oder Hänleins 150 kg nur 30 kg/PS. Auch der Verbrauch an Betriebsmaterial war von den 30 kg Giffards auf 0,4 kg pro PS/Std. herabgedrückt. Das Innere war in 17 Ballone geteilt. Besonders leuchtet der Vorteil der langgestreckten Form hier ein, denn jeder der 17 Ballone hatte denselben größten Querschnitt und trug aber nur $^1/_{17}$ der Last, hatte daher kaum 2 PS Motorleistung zu tragen und, während so der Luftwiderstand derselbe blieb, die Leistung vervielfacht.

Man könnte nun leicht glauben, dieses Prinzip auf die Spitze, oder besser auf zwei Spitzen treiben und die Länge bei gleichem Querschnitt immer weiter vergrößern zu können. Es mag daher hervorgehoben werden, daß das Gewicht der Aluminiumspanten und der Hülle immer wachsenden Anteil an der Tragfähigkeit bei zunehmender Verlängerung beanspruchen, trotzdem auch hier sehr große Materialverbesserungen vorliegen, z. B. am Duraluminium des LZ 127. Auch die Luftreibung an den Seiten beginnt eine Rolle zu spielen, so daß die Bäume bzw. Luftschiffe auch hier nicht in den Himmel wachsen können. Der ZR III hatte bereits 70000 m³ und 5 Maybachmotoren von 400 PS, der im Bau befindliche Zeppelin soll über 100000 m³ haben und 5 Motoren für Gasbetrieb mit je 500 bis 600 PS führen. Die Form ist seit langem nicht mehr die oben gezeichnete eines Zylinders mit Spitzen, sondern die des Stromlinienkörpers geringsten Widerstandes, wie er sich in der Natur in der Tropfenform des Regens von selbst annähernd herausbildet. Die Stromlinienform ist in den Laboratorien durch Versuche bestätigt, also vorn ziemlich abgerundet und hinten sehr fein auslaufend, denn nicht der

Kopfwiderstand der zu zerteilenden Luft ist die Hauptsache, sondern der luftverdünnte Raum, der sich hinter dem durchfahrenden Schiff bildet und der als Sog gewissermaßen bestrebt ist, dasselbe nach rückwärts zu saugen, weshalb man mit allen Mitteln der Luft das Wiederzusammenströmen erleichtern muß. Dies gilt allerdings nur bis zur Grenze der Schallgeschwindigkeit (ca 330 m/sek), weil nach physikalischen Gesetzen die Luft diese nicht überschreiten kann und daher bei größerer Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf alle Fälle ein luftleerer Raum hinter ihm entsteht, gleichgültig, welche Form es hat. Hier ist wieder die vordere Spitze von zunehmender Bedeutung, wie wir von den Ballistikern erfahren und wie es ja das deutsche Infanterie-S-Geschoß praktisch zeigt. Aber nicht nur die Tropfenform, vor allem der Umstand, daß Motoren entwickelt wurden, welche weniger als 1 kg pro PS wiegen und weniger als $^1/_5$ kg für die PS/Std. an Betriebsstoffen erfordern, hat diesen Fortschritt ermöglicht. Wenn die Motoren des ZR III wie diejenigen Giffards 300 kg/PS gewogen hätten, so hätten die 2000 PS allein 600000 kg ausgemacht, also nur 10 mal mehr als die ganze Tragfähigkeit! Würde der ZR III auch wie Giffard 30 kg/PS Heizmaterial gebraucht haben, würde das bei der 80 stündigen Ozeanüberquerung für die 160000 PS/Std (43200000000 mkg) 4800000 kg gemacht haben, fast das 80 fache seiner ganzen Tragfähigkeit, während bei 0,2 kg nur 32000 kg erfordert wurden. Daß dies erreicht werden konnte, sollte zur Ehrfurcht zwingen vor der Geistesmacht, die in unseren Flugmotoren inkarniert ist, viel mehr als in rohen Gewaltleistungen, wie z. B. den Pyramiden. Hier ist keine Quantitäts-, sondern Qualitätsarbeit, und noch so große Mengen Sklaven und Fronarbeiter können kein Luftschiff antreiben, weil ihr Gewicht dessen Tragkraft weit übersteigen würde. Nimmt man an, daß ein Mann von 70 kg Gewicht in einem Tage 160000 mkg Arbeit leisten kann, so würden für den ZR III und seine 2000 PS erforderlich sein in 24 Std. mit 12960000000 mkg 81000 Männer mit dem Gewicht von 5670000 kg! Die in 3 Tagen noch 720000 kg Nahrung und Wasser brauchen! Ein noch größerer Fortschritt ist der im Mai 1928 vom Stapel laufende LZ 127 von 105000 m^3, der dadurch, daß er als Brennstoff Gase vom spezifischen Gewicht der Luft ver-

Abb. 55.
Tropfenform bzw. Stromlinienform.

wendet, wenigstens aerostatisch gar keinen Brennstoffgewichtsbedarf hat!

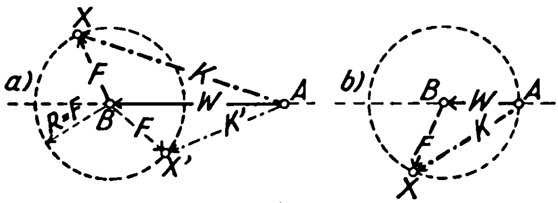
Von der physikalischen Chemie, welche erst die wissenschaftliche Aufklärung gab über die Legierungen und Metalle (Tammann), welche die Motoren aufbauen, bis zur Maschinenkunde und Betriebslehre ist in generationenlanger Arbeit von dem plumpen Gasmotor Lenoirs 1860 aus eine Leistung erzielt worden, auf welche die Menschheit nur stolz sein kann.

Daß die Frage des lenkbaren Luftschiffes nur die war, genügend starke Motoren bei dem zur Verfügung stehendem Gewicht zu erzielen, ist durch diese Ausführungen klar geworden. Das Bestreben, die Leistung für ein bestimmtes Gewicht zu steigern, ist ja allgemein. Wenn Z R III bei 70 ^{t} Gewicht 2000 PS führt, so ist das 35 kg/PS. Dasselbe Gewichtsverhältnis zeigen deutsche Torpedozerstörer mit 650 ^{t} und 20 000 PS und 32 kg/PS leisten die Schnellzugelektromotiven R 1670 der österreichischen Bundesbahnen mit 96 ^{t} und 3000 PS. Junkersflugzeuge wiegen sogar nur 6 kg/PS ähnlich Rennautos. Die Steuerung und Stabilisierung durch entsprechende Flächen machte ja nicht viel Schwierigkeiten, besonders wenn man das Beispiel des jahrhundertelangen Seeschiff- und besonders des allerdings ebenfalls jüngeren Unterseebootbaus sinngemäß auf das Medium Luft übertrug.

In noch stärkerem Maße gilt dies vom Flugzeug, zu dem wir jetzt übergehen, als vom Lenkballon. Schwebte dieser schon ohne Motorkraft in der Luft, und konnte er an windstillen Tagen schon mit geringer Leistung der Maschinen seine Lenkbarkeit zeigen und prüfen lassen, so hob sich das Flugzeug gar nicht vom Boden ohne genügende Pferdestärkenzahl an Bord. Den Gebrüdern Wright gelangen erst mit 30-PS-Motoren, Santos Dumont mit 50-PS-Motoren längere Flüge. Und so gering war dabei die Tragfähigkeit, daß eben erst der Wright- und später der Antoinettemotor die Ansprüche befriedigen konnten, da er die obigen Leistungen bei geringem Gewicht herzugeben vermochte. Seither sind wir nun schon auf Motorgewichte von weniger als 1 kg pro PS angekommen. — Die Flugzeuge kann man zunächst einteilen in Drachen-, Schrauben- und Schwingenflieger. Die bisherigen Flugzeuge sind praktisch nur Drachenflieger. Diese wurden aus dem bekannten Drachen, insbesondere aus der Form des Kastendrachens von Hargrave, wie er zur Hebung von Registrierinstrumenten an aerologischen Stationen bis auf 7 km diente, entwickelt. Dem Zug der Schnur entspricht der Zug der Schraube (bzw. ihr

Druck bei einigen Konstruktionen), der ihn allerdings nicht nur, wie bei den Drachen, über derselben Stelle des Bodens festhält, sondern in jeder beliebigen Richtung fortführt. Immerhin sind noch bei den ersten Manövern Österreichs mit Etrichtauben Fälle vorgekommen, wo es wegen des Gegenwindes praktisch nicht möglich war, vorwärts zu kommmen. Es mögen hier die maßgebenden Verhältnisse für alle Luftfahrzeuge kurz graphisch dargestellt werden. Man muß drei Fälle unterscheiden:

1. die Windgeschwindigkeit ist größer als die des Luftfahrzeuges
2. „ „ „ gleich der „ „
3. „ „ „ kleiner als „ „ „



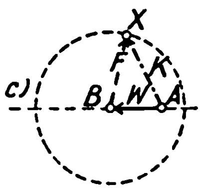


Abb. 56.
A = Startplatz
AB = Wegstrecke des Windes mit Geschw. W
BX = Steuerkurs mit Flugzeuggeschw. F, F = Radius der 3 Kreise
AX = wirklicher Kurs mit result. Geschw. K.

Man zeichnet sich zunächst den Abfahrtsort A ein und trägt von dort die Entfernung und Richtung W, in welche der Wind das in der Luft eingekapselte bewegungslose Luftschiff in einer bestimmten Zeit (gegen die Erde) fortführt, auf. Vom Endpunke B der Strecke W zieht man nun einen Kreis, dessen Radius der Luftschiffgeschwindigkeit gegen die umgebende Luft mit Hilfe seiner vorhandenen Motorkraft entspricht. Die Peripherie dieses Kreises ist der geometrische Ort aller Punkte (X), welche das Luftschiff in dieser Zeit erreichen kann, während die Richtung des betreffenden Radius zugleich angibt, welcher Kompaßkurs anzulegen ist.

Um auf die Berechnungen der Drachenflieger zurückzukommen, müssen wir die oben gegebene Formel für den Luftwiderstand einer gegen den Luftstrom schrägen Fläche $P = v^2 F\gamma/g \sin\alpha$ in zwei Komponenten zerlegen (nach dem Kräfteparallelogramm) und finden dann für den Auftrieb $P_a = v^2 F\gamma/g \sin\alpha \cos\alpha$ und für den Vortrieb $P_v = v^2 F\gamma/g \sin^2\alpha$. Zu der Vortriebskraft muß man dann noch den Luftwiderstand der anderen Teile des Flugzeuges außer der Tragfläche zuzählen, um die gesamte Leistung zu finden. Wie man sieht, entsteht der Auftrieb nur durch die Geschwindigkeit v, welche die Motorkraft dem Flugzeug in horizontaler Richtung erteilt, und zwar wächst er nach dem Quadrate von v, d. h., wenn ich z. B. bei $v = 15$ m/sek den Auftrieb etwas größer als das Gewicht annehme, so daß sich das Flugzeug nur gerade noch von der Erde löst, ist bei $v = 5$ m/sek der Auftrieb nur noch $^1/_9$, bei 7,5 m/sek $^1/_4$ usw. bei gleichem Außenwinkel α.

Es wird daher klar ersichtlich, welche große Geschwindigkeit ich schon auf der Erde mit einem Fahrgestell von Rädern oder auf dem Wasser mit Schwimmern erzielen muß, bevor ich mich erheben kann, so daß zur Erzielung dieser Geschwindigkeit ein entsprechend langer Anlauf nötig ist. Annähernd dieselbe Strecke brauche ich aber auch zum Auslauf, wenn ich aus dem Luftschweben wieder landen oder wassern will. Dies sind wohl die beiden schwersten Nachteile des Drachenfliegers.

Die vermeidet zwar der Schraubenflieger, dafür hat er wieder andere. Eine Schraube ist eigentlich auch nichts anderes als eine Kombination von zwei oder mehr Tragflächen, die sich aber nicht gerade, sondern im Kreise um eine Achse bewegen. Ihr Auftrieb äußert sich als Zug oder Druck in der Richtung dieser Achse, je nachdem, ob es sich um Zug- oder Druckschrauben handelt, also je nach dem Umdrehungssinne ihrer Achse. Der Nutzeffekt dieser kleinen, schnell bewegten Flächen ist aber ein wesentlich schlechterer als der der Drachentragflächen, und daher ist zur Hebung derselben Last bei einem Schraubenflieger eine wesentlich größere Motorleistung erforderlich. Auch der Abstieg im betriebslosen Gleitflug ist bei einem Versagen des Motors wesentlich erschwert. Der einzige größere Vorteil, senkrecht ohne Anlauf wie ein Ballon aufsteigen und landen zu können, hat daher zur Einführung des Schraubenfliegers in der Praxis nicht ausgereicht. Ich selbst habe schon 1903, als noch die ganze Fliegerei in den Kinderschuhen steckte und man vor dem ersten gelungenen Motorflug Wrights für verrückt gehalten wurde, wenn man sich ernstlich mit dieser Frage beschäftigte, der österreichischen Akademie der Wissenschaften ein Schreiben zur Wahrung der Priorität mit der Aufschrift „Erfindung eines kombinierten Drachenschraubenfliegers“ überreicht, das in Nr. 10, 1903 d. Akad. Anz. ausgewiesen erscheint. Die Sache war so gedacht, daß der Ab- und Aufstieg mit senkrecht stehenden Schrauben als Schraubenflieger erfolgte, worauf durch allmähliche Neigung der Schraubenachsen eine immer stärkere Horizontalkomponente hinzutrat und die Drachenflächen zum Tragen brachte, und nach vollständigem Umlegen der Schraubenachsen in die Horizontale, dann der Flug als Drachenflieger ausgeführt wurde. Bei der Landung erfolgt umgekehrt immer steilere Stellung der Schraubenachsen. Später sind auch von anderer Seite, z. B. von Kreß, derartige Projekte bekanntgemacht. De la Cierva läßt jetzt ein Flugzeug, das statt der Drachenflächen frei bewegliche Windmühlenflügel führt, mit Erfolg Versuche machen, die allerdings nur Abkürzung der An- und Auslauflängen gestatten.

Die letzte Type, die Schwingenflieger, können nur auf erfolgreiche Modellversuche verweisen. Es ist eben nicht so leicht, den Vogelflügel in einer Maschine in seiner ganzen Funktion getreu nachzuahmen, und vielleicht ist der Weg der sklavischen Nachahmung der Natur mit ganz anders gearteten Mechanismen auch nicht der richtige. Dagegen wird sich aus dem Segelfliegen, d. h. motorlosen Drachenfliegen, noch viel für ein Sparfliegen, wie es die Natur verwendet, lernen lassen. Für den Antrieb wird wohl die Schraube noch herrschend bleiben, hat sie doch Nutzeffekte bis zu 80 % erreicht. Daß sie die Natur nicht verwendet hat, hat wohl nur anatomische Gründe, man stelle sich nur vor, daß die Zuführung von Blutgefäßen Nerven usw. zu dem rotierenden Glied unüberwindliche Schwierigkeiten machen müßte, während andererseits für den toten Mechanismus diese Bewegung die naturgegebene war. Daß dies der Fall ist, zeigen ja am besten die großen Erfolge der modernen Flugmotoren mit Schrauben. Schon bevor die übermäßig gefeierten Transantlantikflüge von Lindbergh, Chamberlin und Byrd gelangen, ist der Atlantik von Alcock überflogen worden mit 3000 km Flugstrecke und in Etappen über die Azoren noch früher von amerikanischen Seeflugzeugen. Das englische Luftschiff R 34 hat ebenfalls die Fahrt hin und zurück gemacht.

1917 ist aber schon ein Zeppelin kriegsmäßig von Europa nach Chartum in Zentralafrika und ohne Landung zurückgeflogen mit einer gesamten Flugstrecke von über 7000 km. Der ZR III hat diese Strecke bei seiner Fahrt von Friedrichshafen nach Lakehurst nur um 1000 km überboten unter viel leichteren Verhältnissen. Wenn das Publikum nicht so vergeßlich wäre, hätte es die neuen Überfliegungen, so mutig, oder besser wagehalsig sie auch waren, nicht so übermäßig gefeiert. Daß die Flugzeuge dabei zu fliegenden Tanks geworden waren und alles dem Benzin geopfert wurde, wissen eben nur die Fachleute, und daß dies deshalb nichts weniger als den Beginn einer Verkehrsfluglinie bedeutet, auch. Vor allem: bergab, mit dem Wind im Rücken, geht es wohl, aber in der Gegenrichtung sind noch alle Versuche gescheitert, sowohl die direkten von Junkers als die indirekten über die Azoren von Junkers und Heinkel[1]). Meines Erachtens haben sie eben nur bewiesen, daß derzeit ein richtiger Verkehrsflug mit Nutzlast und einzuhaltendem Fahrplan mit diesen Mitteln nicht möglich ist. Auch die Idee, künstliche Inseln durch Verankerung mächtiger Pontons (bei Tiefen bis 3000 m) anzulegen, ist wohl — abgesehen von den Kosten — eine Idee vom grünen Tisch für Schönwetter. Wer aber einen Sturm mit entsprechendem Seegang im Atlantik, besonders die so plötzlich aufziehenden vom Golfstrom oder die Neufundlandnebel mitgemacht hat, wird dieser Möglichkeit sehr skeptisch gegenüberstehen. Schließlich ist nicht zu verkennen, daß gerade beim Start und noch mehr bei der Landung und Wasserung das Flugzeug stets am meisten gefährdet ist, und man wird eine künstliche Vermehrung dieser Havarienquelle durchaus nicht mit Freuden begrüßen. Anders steht ja die Frage bei den Transatlantikprojekten von Junkers, Klamt, Rumpler und Grulich mit 10000-—15000-PS-Flugzeugen, die wohl imstande wären, selbst bei rauhem Wetter die Fahrt zu machen und dabei noch beträchtliche Mengen Nutzlast mitzuführen. Besonders beachtenswert erscheint der „fliegende Flügel" von Junkers J 1000. Er zeichnet sich dadurch aus, daß fast alles in den dickprofilierten Ganzmetallflügel verlegt ist, was sonst in Form von Rumpf, Gondeln usw. zusätzlichen Luftwiderstand erzeugt. Z. B. sind sowohl die Räume für die Passagiere als auch die Motoren in den Flügel verlegt. Jedenfalls ist der Aufbau solcher Riesen nur in der Metallbauart möglich, wie ja auch lange Seeschiffe wie Schnelldampfer in Holzbauart

[1]) Anm. bei der Korrektur: Auch der Flug der Bremen, so anerkennenswert er ist, hat das Problem des Luftverkehrs Europa—Amerika nicht gelöst.

unmöglich wären. Auch eine wissenschaftlich genaue Konstruktion ist nur in der Ganzmetallbauweise möglich und denkbar, und schließlich bietet sie den besten Schutz gegen eine der unangenehmsten Gefahren, die Brandgefahr. Bedenken könnten nur die Kosten erregen, die Klamt mit rund 7,5 Millionen Mark angibt, der Verlust eines solchen Wertobjektes, das an die Kosten der Schnelldampfer heranreicht, könnte jedenfalls nur von einer sehr großen Luftreederei getragen werden und bedingt auch eine entsprechend hohe Verzinsung.

Hier wäre wohl auch über die Projekte für Höhenflugzeuge zu sprechen, die in erster Linie auch für Transatlantikfahrten gedacht sind. Diese sollen bis auf 15 km Höhe steigen und können, da in dieser Höhe der Luftwiderstand etwa $^1/_8$ vor dem an der Meeresoberfläche beträgt, mit derselben Leistung zirka zweimal schneller fliegen, wie sich aus unserer Formel für A ergibt. Sie würden daher auch nur die Hälfte des sonst nötigen Brennstoffes verbrauchen.

Allerdings müßte den Motoren künstlich vorverdichtete Luft oder Sauerstoff zugeführt werden — ebenso den Passagieren und der Besatzung —, denn es ist geradezu unheimlich, wie die Leistung gewöhnlicher Motoren mit der Höhe zurückgeht. Selbst wenn es aber gelingt, die Motorleistung auf der Höhe zu halten, muß man bedenken, daß auch die Schrauben in einem ganz anderen Medium arbeiten. Soll die zurückgeschleuderte Luftmenge dieselbe bleiben, so müßten sie jedenfalls ganz anders konstruiert sein, und um auch beim Abflug wirksam zu bleiben, sogar mit verstellbaren Flügeln ausgestattet werden. Daß bei einem Luftdruck von 75 mm die einfache Zufuhr von Sauerstoff für den Menschen nicht mehr ausreicht, ist sicher. Die Idee, alle Mitfahrenden in Höhentaucheranzüge zu stecken und ihnen Lobelin zu injizieren (ein vor kurzem entdecktes „Entäubungsmittel"), ist jedenfalls eine unlogische Kateridee, dazu wird man sicher keine Passagiere und schwerlich Bemannungen finden.

Der Höhentaucheranzug ist nach einer eigenen Konstruktion, die hoffentlich gemeinsam mit einer ersten Taucherfirma zum Ziel führen wird, ein kompliziertes, schweres und teures Objekt. So wie es in einigen Romanen dargestellt wird, daß einfach ein Gummi- oder Lederanzug vom inneren Luftüberdruck aufgeblasen wird, geht es sicher nicht, denn nach Versuchen wird er dabei so fest, daß jede Bewegung unmöglich wird, man könnte den Insassen ebensogut solange in einen Sarg legen. Es ist daher ein innendruckfester Schiffskörper nötig — nur für besondere Zwecke wird man einen Höhentaucheranzug und eine Luftschleuse mitnehmen. In noch größere Höhen als diese Projekte wollen andere die Transatlantikfahrt verlegen, bis zu 50 km. In richtiger Erkenntnis, daß bei einer Luftdichte, die weniger als den tausendsten Teil derjenigen an der Oberfläche beträgt, an Luftschrauben nicht mehr zu denken ist, ersetzen sie diese durch Raketen. Leider ist es nicht möglich, ihnen auf ihren Wegen zu folgen, da sie sich durchweg Täuschungen hingeben. Schon die Ansicht, daß es eine Konstruktion sei, wenn man sich ein dreimotoriges Junkersflugzeug hinzeichnet und dabei an Stelle der zwei Seitenmotoren zwei Raketen setzt, ist ein Irrtum. Ebenso, daß man auf diesem Wege zu Weltraumraketen übergehen kann dadurch, daß man die Tragflächen stückweise abschneidet unter weiterer Vermehrung der Triebraketen und Weglassung der Luftschrauben und ihrer Motoren. Dies ist ein artiges Phantasiespiel, das geeignet ist, Laien zur Bewunderung hinzureißen, aber keine Konstruktion, welche Fachmänner ernst nehmen können. Daß schon über die Grundlagen keine Klarheit besteht, beweist, der Vergleich der zunehmenden Leistung der Flugmotoren in PS/kg mit der Leistung von Raketen ebenfalls in PS/kg. Ich habe schon öfters darauf hingewiesen, daß es sinnlos ist, nach den Pferdestärken einer Rakete zu fragen. Diese bewegt sich nach dem Newtonschen Impulssatz, der zu den Stoßproblemen gehört, für die gilt $m \cdot V = M \cdot v$, d. h. Masse mal Geschwindigkeit in der ersten Potenz muß stets gleichbleiben. Dieselben Betriebsstoffe, die der Höhenmotor verwendet, z. B. Benzin und Sauerstoff, mag auch die Rakete verwenden, sie wertet sie aber ganz anders aus. Allerdings muß auch bei ihr erst die innere Energie des Brennstoffes gegeben sein, um die Auspuffgeschwindigkeit zu berechnen, nämlich v aus der Formel $E = m/_2 v^2$. Damit hat aber die energetische Betrachtung nach v^2 ein Ende, und es beginnt die Rechnung der Stoßprobleme nach v, oder man gelangt zu vollständig falschen Vorstellungen. So ist es z. B. ganz unrichtig, daß die Rakete „für die Einhaltung sehr hoher gleichmäßiger, dauernder Geschwindigkeiten (gegen den Luftwiderstand) geeignet ist“, weil „bei geringen von 180—360 km h^{-1} der Wirkungsgrad des Raketenmotors ein überaus schlechter und kaum 1,5 bis 2 Prozent der chemischen Energie der Triebstoffe ist“. Daß diese energetische Betrachtung hier fehl am Ort ist, sieht man schon daran, daß angegeben wird, daß man damit auch über 100 %, Wirkungsgrad erreichen kann. Das kommt davon, wenn man in einem Falle, wo man mit mv rechnen sollte, mit $\frac{mv^2}{2}$ rechnet! In 15 km Höhe ist der Luftdruck und damit γ etwa ein Achtel, in 50 km Höhe ein Tausendstel desjenigen in Meereshöhe. Bei einem Motor wie die Rakete, deren Leistung nach mv bemessen wird, ist daher die mögliche Geschwindigkeit verkehrt proportional der Quadratwurzel der Luftdichte nach der Formel $R = v^2 F\gamma/g$, während bei einem Arbeitsmotor dieselbe nach der Formel $A = v^3 F\gamma/g$ der dritten Wurzel verkehrt proportional ist. In 15 km Höhe könnte daher der Raketenmotor die 3fache, der Arbeitsmotor die 2fache Geschwindigkeit, in 50 km die 31fache bzw. 10fache erreichen bei gleichbleibender Tätigkeit!

Der Wirkungsgrad von Raketen oder Rückstoßfliegern darf daher nur nach mv berechnet werden bzw. in Prozenten der möglichen bzw. erreichten Auspuffgeschwindigkeit. Für den Dauerantrieb gegen eine Kraft wie den Luftwiderstand ist die Rakete überhaupt gänzlich ungeeignet und nur bestimmt, in kurzer Zeit, höchstens 5 min., einem Körper hohe Geschwindigkeit zu verleihen, die er im leeren Raum ohne Widerstand sich nach dem Trägheitsgesetz voll erhält, bis ihn seine Bahn wieder in die Atmosphäre eines Himmelskörpers führt. Wenn wir überlegen, daß jedes Kilogramm, das wir mitführen, auch selbst mit beschleunigt werden muß, werden wir einsehen, daß die Frage nicht ist, wie spare ich an Energie, sondern an Masse! Wenn nun ein bestimmtes Stoßresultat mv gefordert wird, ergibt schon der einfachste Augenschein, daß m um so kleiner wird, je größer v wird. Die immense Bedeutung von v bzw. c, wie wir die Auspuffgeschwindigkeit zu nennen pflegen, geht aber erst aus der grundlegenden Formel der Raketentheorie $V = c \lg\text{nat} \frac{M_0}{M_1}$ hervor, die besagt, die erzielte Geschwindigkeit V der Rakete sei gleich der Auspuffgeschwindigkeit mal dem natürlichen Logarithmus der Anfangsmasse gebrochen durch die Endmasse der Rakete für diesen Moment. Ein Beispiel wird das am besten zeigen. Ich habe die Rückstoßfliegerentwürfe Hoefft mit Zahlen und Buchstaben bezeichnet, beginnend mit R H I (Rückstoßflieger Hoefft I), einer Registrierrakete mit 30 kg Anfangsgewicht und 100 km Steighöhe, bis zum R H VI mit 300^t Anfangsmasse und idealer Endgeschwindigkeit $v_{Is} = 15{,}6$ km/sek, der mehrere Personen um Mond, Mars oder Venus führen kann. Dazu treten R H VII mit 600^{t} und 18,4 km/sek und R H VIII mit $12\,000^{t}$ und 27,6 km/sek. R H VI und VII sind Zweistufen-, R H VIII ein Dreistufenapparat. R H VI und VII sind auch zu Landungen auf Mond, Mars und Venus befähigt bei Start vom Kunstmond (Außenstation), R H VIII kann theoretisch das Sonnensystem verlassen. Die oberste Stufe wird bei diesen Modellen ein breitgezogener R H V bilden, der Atmosphärelandungen im Gleitflug und ohne Triebstoffverbrauch gestattet. Auch die unteren Stufen können im Gleitflug wassern, wenn ein Hilfspilot mit Kabine vorgesehen ist und die Anlaufbahn dem angepaßt wird, und zwar ganz wie R H V, von dem sie ja nur entsprechende Vergrößerungen sind.

Der R H IV z. B. mit 3^{t} Anfangsmasse soll eine Nutzlast von 30 bis 75 kg Post in Keplerschen Ellipsen in $^1/_2$ Stunde quer über den Atlantik, in 1 Stunde bis zu den fernsten Antipoden tragen. Wenn ich ihm z. B. 6 km/sek ideelle Endgeschwindigkeit erteilen will, müssen die Anfangsmassen etwa 20 mal bzw. 4 mal größer sein als die Endmassen, je nachdem ich die Auspuffgeschwindigkeit zu 2 oder 4 km/sek annehme! Also die Verdoppelung der Auspuffgeschwindigkeit erzielt dasselbe als eine Vermehrung der Triebstoffe auf das 6 fache, wobei letztere schwerlich möglich wäre, nachdem eine solche Verringerung der Totlast unerreichbar ist, daher müßte man bereits zu einer 2-Stufen-Rakete übergehen. Man wird begreifen, daß ich schon aus patentrechtlichen Gründen nur ganz schematische Angaben machen kann. Man möge von diesem Gesichtspunkt daher noch folgende Zusammenstellung betrachten. Es soll eine Raketengeschwindigkeit von 12·8 km/sek, die hinreichen würde, den Mond zu umfahren, erreicht werden. Bei e i n e r Rakete erhalte ich bei einer Auspuffgeschwindigkeit von 2 km/sek ein Massenverhältnis des leeren Apparats zu dem des mit Triebstoff gefüllten von 1 : 600, also selbstverständlich ganz unausführbar. Baue ich aber 4 Raketen übereinander, derart, daß immer nach dem Abbrennen der untersten diese abgestoßen wird (das Stufenprinzip Goddards und Oberths), erhalte ich folgende Tabelle (s. folgende Seite).

Die Massenzahlen in den Tabellen kann man natürlich beliebig durchmultiplizieren, z. B. für Blitzlichtpulver auf der Mondoberfläche die Nutzlast 1 gleich 2—10 kg setzen, für Menschenbeförderung gleich 1—2 t. (In letzterem Falle bezieht sich die Nutzlast natürlich nicht auf das Körpergewicht allein, sondern auf die innendruckfeste Kabine samt Inhalt!)

Abgeworfene Totlast 1110 kg
Mitgeführte Totlast 1 kg

R IV Stufe 4	Nutzlast	1
	Totlast	1
	Brennstoff	8
R III Stufe 3	Nutzlast	10
	Totlast	10
	Brennstoff	80
R II Stufe 2	Nutzlast	100
	Totlast	100
	Brennstoff	800
R I Stufe 1	Nutzlast	1000
	Totlast	1000
	Brennstoff	8000
		10000

Jede dieser Raketen hat nach der Formel

$$V = c \lg \text{nat} \frac{m_0}{m_1} =$$

$2 \lg \text{nat}\, 5 = 2 \times 1{,}6 = 3{,}2$ km/sek Endgeschwindigkeit, und da sich diese addieren, ist

$$V_\Sigma = 4 \times 3{,}2 = 12{,}8 \text{ km/sek.}$$

Wenn ich aber die Auspuffgeschwindigkeit $c = 4$ km/sek setze, ergibt sich beifolgende Tabelle:

R II Stufe 2	Nutzlast	1
	Totlast	1
	Brennstoff	8
R I Stufe 1	Nutzlast	10
	Totlast	10
	Brennstoff	80
		100

und da nach nebenstehender Formel die Geschwindigkeit

$$V_\Sigma = 2 \times 6{,}4 = 12{,}8 \text{ km/sek}$$

sich ergibt, habe ich dieselbe Leistung mit 100 Gewicht als in vorstehendem Beispiel mit 10000.

Man wird jetzt klarer sehen, worum es sich beim Raketenprinzip handelt. Nehmen wir weiter schematisch an, der R H IV beschleunige sich mit 30 m/sek² auf 6 km/sek, so braucht er nach der Formel $v = g \cdot t$ 200 sek dazu und legt in dieser Zeit den Weg $s = g/2\, t^2 =$ 600 km zurück. Bei einer Auspuffgeschwindigkeit $c = 2$ km/sek müßte ich etwa 2—3 Stufen, bei $c = 4$ km/sek nur eine verwenden. Die Anfangsmasse m_0 würde sich zur Endmasse m_1 dabei verhalten wie 100 : 2, im zweiten Falle wie 10 : 2. Nehmen wir nun an, daß ich den R H IV nur über einer Stelle schwebend erhalten will, so muß ich ihm statt der 30 m/sek² etwa 10 m/sek² entsprechend der Beschleunigung der Erdschwere geben, indem ich auch die Auspuffmasse auf den dritten Teil niederdrossele. Ich werde daher mit den Betriebsstoffen auch statt 200 sek 600 sek, also 10 Minuten, ausreichen! Mit demselben Aufwand hätte ich aber die Fahrt von einem Kontinent zum andern machen können! Dieses Ergebnis kennzeichnet wohl genügend, wie durchaus falsch es ist, den Raketenantrieb als Dauerantrieb gleich den Explosionsflugmotoren zu betrachten! Dadurch, daß ich den Auftrieb nicht durch die Düsen selbst, sondern durch Tragflächen bewirke, welche aber, durch die Düsenarbeit vorwärts getrieben, diesen erzeugen, wird natürlich prinzipiell nichts geändert daran, daß letzten Endes die Auftriebsarbeit doch von den

Düsen geleistet wird. Nach Loessl verhält sich der Stirnwiderstand zum Auftrieb bei 5^0 etwa wie 1 : 10. Wenn man also selbst das ganze Flugzeug nur als fliegenden Tragflügel unter diesem sehr kleinen Winkel betrachtet, wird man höchstens 10mal so lange mit den ganzen Betriebsstoffen ausreichen, als oben berechnet. Ich mache noch einmal aufmerksam, daß man den Rückstoß der Düsen nicht mit der Arbeit eines Schraubenmotors vergleichen kann, dessen Betriebstoffbedarf sich nach der Arbeit $A = v^3 F\gamma/g$ in mkg/sek oder PS berechnet, sondern ihn dem Luftwiderstand selbst $R = v^2 F\gamma/g$ in kg gegenübersetzen muß, wenn man davon absieht, daß der Anstellwinkel der Fläche sich ändert. Von dem Prinzip, daß die erreichbar höchste Auspuffgeschwindigkeit stets die anzustrebende ist, da sie das günstigste Massenverhältnis repräsentiert, gibt es nur Ausnahmen, wenn die Fahrt in Luftschichten vor sich geht, deren Dichte noch in Betracht kommt. Nämlich die energiereichste Mischung von 8 Gewichtsteilen Sauerstoff und einem Gewichtsteil Wasserstoff, und noch mehr die wegen der durch das Massenwirkungsgesetz herabgesetzten Dissoziation und der durch die größere Molekulargeschwindigkeit des Wasserstoffs erhöhten Auspuffgeschwindigkeit wasserstoffreicheren Gemische haben ein wesentlich geringeres spezifisches Gewicht aus Verschulden des Wasserstoffs, der auch im flüssigen Zustande ein viel geringeres spezifisches Gewicht als z. B. Alkohol oder Benzin, durch welche wir ihn ersetzen können, hat. Dadurch kann die dynamische Querschnittsbelastung zu gering werden, worüber später mehr. Auch in bezug auf die Beschleunigung, die sonst nur von dem Andruck abhängt, den die Nutzlast, also Apparate und Menschen, ertragen kann, muß der Luftwiderstand in Betracht gezogen werden, denn sehr hohe Geschwindigkeiten in dichteren, also tieferen Luftschichten würden wieder zuviel von der verfügbaren Energie verzehren. Andererseits, bevor ich auf der parabolischen Geschwindigkeit der betreffenden Stelle ankomme, verzehrt mir die Erdschwerebeschleunigung jede Sekunde $g = 10$ (genau 9,81) m/sek^2, weshalb man trachten muß, möglichst schnell zu beschleunigen. Zwischen dieser Szylla und Charybdis kann nur die Rechnung das Optimum ergeben. Bedenken müssen auch die Vorschläge erregen, welche für die Abfahrt und die Landung der Raketenflugzeuge gemacht werden. Eine besondere Startbahn bedeutet ja, daß das Flugzeug nach der Landung wieder dorthin geschafft werden muß, auch die Anbringung eines

Fahrgestelles nach Art der Landflugzeuge ist nicht sehr sympathisch, da bei Geschwindigkeiten bis zu 8 km/sek hierdurch viel zu starke einseitige Luftwiderstände auftreten müßten und klappbare nicht kräftig genug wären. Das Wasserflugzeug R H V erscheint mir bei weitem als der beste Ausweg, der sich auch in Modellversuchen mit Pulverantrieb schon bewährt hat.

Wie man die Registrierapparate durch Pilotballone bis 30 km zu heben pflegt, von wo sie nach dem Platzen des Ballons per Fallschirm heil zur Erde kommen, soll auch das R H I von einem Pilotballon auf 10 km Höhe gehoben werden, um bis $^3/_4$ des Luftwiderstandes zu ersparen, worauf es selbsttätig angeht, sich ausschlippt und sich mit Hilfe eines Apparates, der dem Obrysteuer der Torpedos nachgebildet ist, selbst steuert; ein Vorschlag, dem auch die berühmte Kreiselkompaßfirma Anschütz in Kiel zugestimmt hat. Sobald der Andruck durch Luft und Antrieb auf die Spitze aufhört, hebt sich diese in Form eines Segmentfallschirms ab und bringt die Instrumente herunter.

Der Irrtum, der in der Betrachtung des Raketenmotors liegt, wenn man seine Leistungen in PS ausdrücken will, kommt klar zutage an einem kleinen Beispiel. Grundsätzlich nutzen wir an der Rakete die Kraftleistung mv in kg aus, nicht die Energieleistung $\frac{mv^2}{2}$ in mkg/sek oder in PS! Wenn also ein Raketenflugzeug etwa in Meereshöhe horizontal fährt und dazu den Vortrieb R_x kg und den Auftrieb R_y kg gebraucht, leistet es die Arbeit/sek oder den Effekt $E = R_x v$ mkg/sek oder $\frac{R_x v}{75}$ PS. Soll derselbe Raketenmotor in höheren Luftschichten fahren, wo nach der Formel dieselbe Vortriebskraft (nicht Vortriebsarbeit!) die zehnfache Geschwindigkeit v erzeugt, wird ganz dieselbe Leistung des Raketenmotors in kg Rückstoß der zehnfachen Leistung in PS an Effekt entsprechen, denn wenn wir $v_1 = 10v$ setzen, bekommen wir wie oben für den Effekt $E = \frac{R_x \cdot 10v}{75}$ PS[1]). Es ist dabei sowohl abgesehen, daß etwa die Tragfläche in dieser dünneren Luft eine andere günstigste Neigung er-

[1]) Wirkungsgrad bezeichnet eine konstante Kennziffer einer Maschine, man sieht daher sofort, daß es Unfug ist, von einem energetischen Wirkungsgrad von Raketen zu sprechen, da dieser fortwährend sich ändert.

halten müßte, als daß sich in gewissem Maße die Raketenleistung verändert, wenn der Enddruck 1 Atmosphäre oder nur ein Bruchteil davon ist, und schließlich auch von der Erdkrümmung, welche ja bekanntlich bewirkt, daß auch ein durch keine Tragfläche getragener Körper bei 8 km/sek in gleicher Höhe zu schweben scheint (das ist nämlich die Geschwindigkeit, die eine Kreisbahn um den Erdmittelpunkt erzeugt, die sog. zirkuläre), weil alle diese Erscheinungen nicht hierher, sondern auf ein ganz anderes Blatt als die Verhältnisse von Kraft zur Arbeit oder Energie in der Zeiteinheit, also zum Effekt gehören. Jedenfalls aber wird jeder ersehen, daß zu derselben Rückstoßkraft ganz verschiedene Effekte gehören können, je nachdem, welche Geschwindigkeit der Körper erreicht, diese Effekte daher in keiner Weise geeignet erscheinen, die Raketenleistung zu kennzeichnen. Es macht natürlich keine Schwierigkeiten, die Raketenarbeit nach den vorhin angedeuteten Formeln in PS auszudrücken, und sie kann unter gleichen Verhältnissen auch zum Vergleich herangezogen werden, ist jedoch besser zu vermeiden, da es nur zu leicht zuerst zu logischen Unklarheiten und dann weiter zu den gröbsten Trugschlüssen führt.

Ein zweiter Fall, für den das gleiche gilt, ist der Begriff der Querschnittsbelastung. Darunter verstehen die Ballistiker das Gewicht oder besser die Masse des Geschosses, die auf die Flächeneinheit des größten, für den Luftwiderstand maßgebenden Querschnitts entfällt. Man sucht diese Belastung so groß wie nur irgend möglich zu machen, weil sich nur so Geschwindigkeit und lebende Kraft des Geschosses an entfernteren Zielen soviel als möglich auf der Höhe halten lassen. Man vergleiche z. B. in Weyers Taschenbuch der Kriegsflotten 1918 in den Tabellen für russische bzw. französische Geschütze das Kaliber 30,5 cm. Die russischen Geschütze feuern Geschosse von 324 kg, die französischen (Mod. 02 u. 06) von 440 kg. Infolgedessen bewahren die letzteren viel besser ihre Geschwindigkeit und lebende Kraft auf größere Entfernungen. Wenn man nachdenkt, woher diese aus praktischen Versuchen feststehende Tatsache kommt, gelangt man zu der Überzeugung, daß dies so abzuleiten ist, daß die Massenträgheit im letzteren Falle wegen der größeren Masse auch größer ist und daher größere Arbeit gegen den Luftwiderstand leisten kann.

Sei R_x wieder die Vortriebskraft oder der Luftwiderstand, die sich ja nach dem Gesetze Aktion—Reaktion immer gleich sein müssen, so ist die Arbeit in der Zeiteinheit oder der Effekt $R_x \cdot v$, wenn v die mittlere Geschwindigkeit oder den in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg bezeichnet. In Wirklichkeit wird die Geschwindigkeit schon in der ersten Zeiteinheit von v_1 an der Mündung auf v_2 nach Ablauf dieser ersten Zeiteinheit zurückgegangen sein. Die Arbeit gegen den Luftwiderstand beträgt daher $\frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = R_x v$. Es ist nun leicht einzusehen, daß bei Vergrößerung von m (Masse) die Differenz $v_1 - v_2$, also der Geschwindigkeitsverlust kleiner werden muß. Setzen wir z. B. $v_1 = 1000$ m/sek, $m = 440$ kg, so haben wir die lebendige Kraft an der Mündung $\frac{m v_1^2}{2} = 2\,200\,000$ mkg oder 22000 mt und nach der Zeit, in welcher die Geschoßgeschwindigkeit auf v_2 (v_2 soll gleich 900 m/sek gesetzt werden) gesunken ist, $\frac{m v_2^2}{2} =$ 17 820 000 mkg oder 17 820 mt. Die Differenz beträgt $D = 4\,180\,000$ mkg und stellt die Arbeit dar, welche in dieser Zeiteinheit gegen den Luftwiderstand geleistet werden mußte. Wiegt das Geschoß aber beispielsweise 340 kg wie bei den älteren französischen 30,5 cm, so erhalten wir, wenn wir in obige Formeln $m = 340$ kg setzen, für $\frac{m v_1^2}{2} = 17\,000$ mt, für $\frac{m v_2^2}{2} = 13\,770$ mt, eine Differenz, welche die Arbeit gegen den Luftwiderstand darstellt von $D_1 = 3\,230\,000$ mkg. Da wir für beide Geschosse gleiche Form und daher gleichen Luftwiderstand angenommen haben (was durchaus möglich ist, wenn man in den Hohlgranaten nur die Wanddicke verändert), ist aber $R_x = R_{x1}$. Da die Arbeiten $D = 4\,180\,000$ mkg und $D_1 = 3\,230\,000$ mkg aber sich um 950 000 mkg unterscheiden, muß in der Formel $R \cdot s = A$, da der Faktor R gleich bleiben soll, sich notwendig der Faktor s ändern, womit wir den Weg bezeichnen wollen, auf dem v_1 auf v_2 heruntergeht, oder mit anderen Worten: Das leichtere Geschoß hat schon auf kürzeren Strecken denselben Geschwindigkeitsverlust als das schwerere. Ich glaube, daß jetzt das Wesen der Querschnittsbelastung der Ballistiker für jedermann klar hervortritt.

Betrachten wir jetzt die Rakete, so kommen wir zur Überzeugung, daß sie, solange sie Antrieb hat, entgegen sehr allgemein verbreiteten Ansichten überhaupt keine Querschnittsbelastung in diesem Sinne hat! Denn die Kraft der Trägheit bzw. ihre Arbeit, die wir vorhin betrachtet haben, kann doch offenbar erst wirksam werden, wenn $v_2 < v_1$ wird! Die Rakete aber, solange sie unter einem Antrieb steht, der ihre Geschwindigkeit stets vergrößert, also unter einer Beschleunigung (und das ist in der Atmosphäre so gut wie stets der Fall!), läßt ihre Massenträgheit nur insofern zur Geltung kommen, als gegen diese eben die Beschleunigungsarbeit der Reaktionskraft der Düsen zu leisten ist, keineswegs aber so, daß sie etwas gegen den Luftwiderstand leisten würde! Später, wenn der Raketenantrieb aufhört, ist dieselbe aber schon längst im luftleeren Weltenraum, und da verliert der Begriff der Querschnittsbelastung, der doch nur die Arbeit gegen den Luftwiderstand leisten soll, erst recht jeden Sinn.

Man könnte allerdings einen neuen Begriff von Querschnittsbelastung speziell bei Raketen aufstellen, der aber zweckmäßig einen anderen Namen bekäme, denn nichts schafft derartig Konfusionen wie gleiche Benennung verschiedener Begriffe. Auch die Rakete wird ja von einer Kraft gegen den Luftwiderstand getrieben und leistet dabei gegen diesen Arbeit. Diese Kraft ist die Reaktionskraft der Düsen, und es läßt sich nichts dagegen einwenden, diese auf die Flächeneinheit des für den Luftwiderstand maßgeblichen Querschnitts zu beziehen. Wenn also in obigem Beispiel die Arbeit gegen den Luftwiderstand $D = 4\,180\,000$ mkg erforderlich war, damit das Geschoß mit der mittleren Geschwindigkeit v die Strecke s zurücklegte (die Arbeit wurde von der Trägheit geleistet durch Herabgehen der Geschwindigkeit von v_1 auf v_2), so wird diese Arbeit in unserem Falle von den Raketendüsen geliefert, welche nicht nur bewirken, daß $v_2 = v_1$ ist, also keine Trägheitsarbeit stattfindet, sondern sogar $v_2 > v_1$ (v_2 größer als v_1) liefern, indem sie die Rakete sogar noch weiter beschleunigen. Aus diesen Überlegungen ergeben sich aber nun außerordentlich wichtige Folgerungen. So wird es sofort klar, daß es abwegig ist, wegen größerer Querschnittsbelastung den spezifisch schwereren Alkohol dem flüssigen Wasserstoff vorzuziehen. Dies mag gewisse Vorteile in praktischer Beziehung haben, da Alkohol leichter zu behandeln und auch billiger ist als flüssiger Wasserstoff und deshalb vielleicht für Registrierraketen (oder Rückstoßflieger wie R[akete] H[oefft] I), welche nur die oberen Schichten der Atmosphäre erforschen sollen, vorzuziehen, doch ist es sofort klar, daß jede Rücksicht auf eine Querschnittsbelastung im Sinne der

Ballistiker ein Irrtum ist. Aus der Formel $R = mv$ für den Rückstoß geht ja auch hervor, daß m um so kleiner wird, je größer v wird bei bestimmten R. Und Masse gilt es zu sparen, nicht Energie! Jede energetische Betrachtung über den Wirkungsgrad führt daher auf einen Holzweg.

Unter allen Umständen ist im leeren Raum das Betriebsstoffgemisch mit der höchsten Auspuffgeschwindigkeit vorzuziehen, und deshalb sollen alle meine Modelle, vom RH III an, nur mit Knallgasgemisch (mit reichlich überschüssigem Wasserstoff zur Kühlung, Zurückdrängung der Dissoziation und Steigerung der Auspuffgeschwindigkeit) betrieben werden. Macht der Luftwiderstand eine kleinere Geschwindigkeit, also auch Beschleunigung ratsam, so wird eben eine kleinere Menge dieses wirksamsten Gemisches ausgepufft, und damit dies unter den günstigsten Verhältnissen vor sich geht, durch Zu- oder Abschaltung von Düsen der richtige Querschnitt stets hergestellt. Nur dadurch ist es möglich, daß die Modelle RH IV und RH V solche Leistungen erreichen mit Fahrten bis zu den Antipoden oder um die ganze Erde herum ohne zweite Stufe. (Auch RH III und IV sollen über die unteren dichten Atmosphäreschichten entweder von Ballonen oder Hilfsraketen gehoben werden.) Für einen irdischen Rückstoßflieger halte ich es für eine conditio sine qua non, daß er nicht bei jeder Fahrt den größten Teil verliert, dessen Wiederauffindung ja auch zweifelhaft erscheint, sondern wie jedes moderne Wasserflugzeug nach Wiederfüllung seiner Tanks den Rückflug antreten kann. Nur so würde sich ein regelmäßiger Dienst etwa von Hamburg oder vom Bodensee (es stehen noch mehr geeignete Seen zur Auswahl: die Seen des österreichischen Salzkammergutes, die Seen Bayerns, der Neusiedlersee bei Wien, der Müggelsee oder der Wannsee bei Berlin usf.) nach dem New Yorker Hafen aufrechterhalten lassen. Für Schiffe, die wirklich kosmische Fahrten ausführen sollen wie der RH III und RH VI bis VIII, ist natürlich auch bei Knallgas das Stufenprinzip unvermeidbar. RH VI bis VIII gehört aber in eine ganz andere Kategorie, da er nur von der Außenstation, dem Kunstmond, starten und landen soll.

Den Aufbau des Kunstmondes hoffe ich aber mit dem Modell RH V erreichen zu können, das bei einem Verhältnis von $\frac{m_0}{m_1} = 10$ und $c = 4$

km/sek Auspuffgeschwindigkeit nach der Formel $v = c \log \mathrm{nat} \frac{m_0}{m_1}$ eine ideale Endgeschwindigkeit von $V = 4 \cdot 2{,}3 = 9{,}2$ km/sek erwarten läßt. RH V hat etwa 100 m² ($l = 12 \times b = 8\,m$) wirksame Tragfläche und daher bei $m_0 = 30\,t$ etwa 300 kg/m² Flächenbelastung, also etwa das Vierfache des Junkers G 24, dagegen bei der Landung bei $m_1 = 3\,t$ bloß etwa 30 kg/m², also weniger als die Hälfte des bewährten Verkehrsflugzeuges. Es läßt sich also erhoffen, daß es so gut niedergehen wird wie irgendein bewährtes Wasserflugzeug.

Immerhin darf man nicht vergessen, daß es noch keine Konstruktion ist, wenn man sich ein Junkersflugzeug aufzeichnet, die Schraubenmotoren durch Raketen ersetzt und sukzessive die Tragfläche beschneidet. Man kommt zu Zwischenformen, die ganz unmögliche Mißgeburten sind, welche sich weder als Flugzeug noch als Rückstoßflieger (Raketen) eignen. Das Grundmotiv klingt wieder auf, wenn ich mir diese Dinger ansehe: „Rheinseedampfer!"

Wenn wir den Begriff Querschnittsbelastung bei Raketen sachgemäß anwenden wollen, müssen wir uns über jedem Quadratzenti-

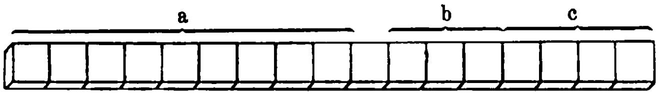


Abb. 57.
Dynamische Querschnittsbelastung.

meter des größten Querschnittes eine Säule aus Kubikzentimeterwürfeln des betreffenden Treibstoffgemisches aufgebaut denken. Es möge dann auf die Beschleunigung der Rakete die Menge a entfallen, auf die Arbeit gegen die Schwerkraft bis zum Aufhören des Antriebs die Menge b und auf den Luftwiderstand bis zu den Grenzen der Atmosphäre die Menge c. b wird zu a in einem festen Verhältnis stehen, sobald man eine bestimmte Beschleunigung gewählt hat. Soll diese z. B. nach oben senkrecht 30 m/sek² betragen, so wird bis zum Aufhören des Antriebs die Reaktionskraft der Düsen nahe 40 m/sek² zu leisten haben, da fast 10 m/sek² (genau 9,81 m/sek²) die Beschleunigung der Erdschwere beträgt, die paralysiert werden muß. Nach oben nimmt diese ja im quadratischen Verhältnis der Entfernung vom Erdmittelpunkte ab. Dagegen wird c bei verschiedenen Triebstoffen variieren, da, wie schon bemerkt, das Gewicht eines flüssigen Wasserstoff-Sauerstoffgemisches wesentlich geringer ist als das eines flüssigen Alkohol-Sauerstoffvorrates und daher der für den Luftwiderstand maßgebende Querschnitt größer. Wenn man jetzt weiter die Bedingung stellt, daß der Prozentsatz von c in $a+b+c$ nicht wachsen darf und gleiche Auspuffgeschwindigkeit und Beschleunigung voraussetzt, ergibt sich, daß sich die Luftwiderstände für die Einheit umgekehrt wie die Querschnittsbelastungen verhalten. Berücksichtigt man dagegen die Verschiedenheit der Auspuffgeschwindigkeiten, so ergibt sich, daß die Leistung für dieselbe Treibstoffmenge in Rückstoßkilogramm der Auspuffgeschwindigkeit proportional ist. Um die Sache wieder an einem Beispiel ganz klarzumachen, nehmen wir an, wir hätten ein Rückstoßflugzeug, meinetwegen den RH V, für Alkoholbetrieb berechnet und es ergäbe sich wieder a, b und c für die betreffenden Mengen Treibstoff, welche für Beschleunigung, Erdschwere und Luftwiderstand erforderlich sind. Jetzt soll ein Betriebsstoff zur Verwendung kommen, dessen spezifisches Gewicht $^1/_8$ der obigen Füllung beträgt und dessen Auspuffgeschwindigkeit zunächst als gleich angenommen werde. Wenn es erlaubt wäre, einseitig die Länge des Rückstoßfliegers zu ändern, könnte er bei dreifacher Länge und dem einfachen Querschnitt Qu, dreifachem Volumen und selbem Gewicht dasselbe leisten wie im ersten Falle. Da aber natürlich eine einfache Längenvergrößerung unstatthaft ist, muß das ganze Fahrzeug auch 3 mal so breit und 3 mal so dick werden, im Volumen daher 27 mal so groß, im Querschnitt und im Gewicht 9 mal. Nehme ich aber weiter an, daß die Auspuffgeschwindigkeit im zweiten Falle praktisch erzielbar das 2 fache beträgt, so kann ich dieselbe dynamische Querschnittsbelastung schon mit einer halb so hohen Triebstoffsäule erreichen. Ich muß also nicht im Verhältnis 1:3 die Längen ändern bzw. linear proportional vergrößern, sondern im Verhältnis $1:3 \times {}^1/_2 = 1:1{,}5$!

Man sieht, daß man scharf zwischen der Massenträgheitsquerschnittsbelastung der Artilleristen und der dynamischen Querschnittsbelastung der Rückstoßflieger unterscheiden muß. Würde aber die Auspuffgeschwindigkeit 3 mal größer, so wäre eine Vergrößerung des Modells nicht mehr erforderlich! Würde sie noch größer, so wäre sogar eine Verkleinerung zulässig, obwohl die Querschnittsbelastung im artilleristischen Sinne bedeutend kleiner wäre! Weitere Überlegungen über die zweckmäßigst einzuhaltenden Geschwindigkeiten bzw. Beschleunigungen in den nach oben schnell an Dichte verlierenden Luftschichten (5 km $^1/_2$, 15 km $^1/_{10}$) würden, elementar gemeinverständlich dargestellt, an dieser Stelle zu weit führen. Daß sich willkürliche Einstellungen durchführen lassen, geht schon aus der Möglichkeit der Beeinflussung der Pumpenarbeit sowie der Durchflußquerschnitte hervor.

Nicht die Masse m, sondern die Bewegungsgröße mv ist bei Rückstoßfliegern die maßgebende Größe, denn nicht die Massenträgheit der Querschnittsbelastung der Artilleristen spielt eine Rolle, sondern eben die der Leistung zur Flächeneinheit des Querschnittes, wofür ich eben den Begriff der d y n a m i s c h e n Querschnittsbelastung geprägt habe.

An einem schematischen Beispiel eines Modells, etwa RH V, seien die Verhältnisse etwas näher erörtert. Als Beschleunigung senkrecht nach oben bis 24 km Höhe werde $B = 30$ m/sek² gewählt, der größte Querschnitt betrage 8 m², der Reduktionsfaktor $^1/_4$, d. h. $F = 2$ m² in der Formel des Luftwiderstandes $R = v^2 F$.

Nach der Zeit t sei v die Geschwindigkeit und s der zurückgelegte Weg. Der Luftdruck sei so angenommen, daß er sich nach je 5 km auf die Hälfte vermindert. Dementsprechend nimmt $\frac{\gamma}{g}$ von $^1/_9$ an der Erdoberfläche ab, wobei γ (sprich Gamma) das Gewicht eines Kubikmeters Luft in kg und g die Erdschwerebeschleunigung, die auf dieser kurzen Strecke konstant = 9,81 m/sek angenommen sei (und werden kann), darstellt.

Tabelle I.

t sek	v m/sek	$\frac{\gamma}{g}$	s m = H m	R kg
1	30	$^1/_9$	15	
2	60	$^1/_9$	60	
3	90	$^1/_9$	135	2 000
4	120	$^1/_9$	230	
5	150	$^1/_9$	375	
10	300	$^1/_{12}$	1 500	15 000
20	600	$^1/_{20}$	6 000	36 000
30	900	$^1/_{60}$	13 500	27 000
40	1200	$^1/_{300}$	24 000	10 000

Tabelle II.

H km	Luftdruck mm Hg	Verhältnismäßige Geschwindigkeit bei gleicher Vortriebskraft
0	760	1
5	380	
10	190	2
15	95	
20	47,5	4
25	23,75	
30	11,875	8

Wie man sieht, muß ein 30ᵗ-Rückstoßflugzeug, um gegen die Erdschwere sich senkrecht mit 30 m/sek² zu beschleunigen, eine Gesamtbeschleunigung von fast 40 m/sek² erhalten und erfordert nach $mv = m_1 v_1$ eine Rückstoßkraft von 120ᵗ und bei 4000 m/sek Auspuffgeschwindigkeit 30 000 kg · 30 m $= x \cdot$ 4000 m, $x = 225$ kg Auspuffmasse in der Sekunde. Hinzu tritt im ungünstigsten Falle um 6 km Höhe herum noch ein Viertel Mehrleistung gegen den Luftwiderstand. Es ist daher, wie noch schöner graphisch zu ersehen möglich, den RH V mit 30 m/sek² gleichmäßige Beschleunigung die Atmosphäre durchfahren zu lassen.

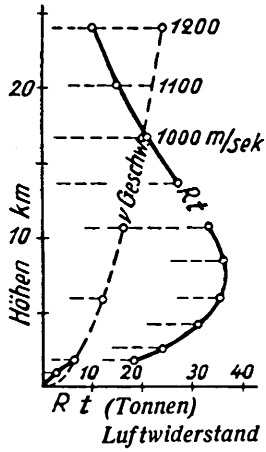


Abb. 58 zeigt den senkrechten Aufstieg des RH V mit 30 m/sek² Beschleunigung. Ordinate Höhe in km, Abszisse Luftwiderstand R in t, v Geschwindigkeit in m/sek.

Eine weitere Möglichkeit, statt der Beschleunigung die Auspuffmenge gleichzuhalten, ist einfach eine Herabsetzung der Beschleunigung für einige Sekunden, etwa von 30 m/sek² auf 20 m/sek². Dies würde fast den ganzen Bedarf an Kraft gegen den Luftwiderstand selbst in der ungünstigsten Zone um 6 km herum decken. Es erscheint mir müßig, hier umfangreiche Rechnungen schon jetzt aufzustellen, bevor wir experimentell nicht wesentlich mehr über das Verhalten von Flugzeugen bei solchen Überschallgeschwindigkeiten wissen, da es sicher nicht gestattet ist, von den viel kleineren bisher von Flugzeugen erreichten Geschwindigkeiten einfach so weit zu extrapolieren und Geschosse ganz andre Formen und zudem durch den Drall Präzessionen und Nutationen haben. Die Grenze von 24 km ist gewählt, weil hier der Luftwiderstand so weit sinkt, daß es ohne weiteres möglich ist, von der Vertikalen abzuweichen und entweder in Oberthsche Synergiekurven oder in Keplersche Ellipsen einzulenken. In derselben Weise, wie ich ein schematisches Bild vom Aufstiege des RH V gegeben habe, will ich auch den Abstieg und die Landung bzw. Wasserung behandeln [1]). Schematisch nur deshalb, weil es zu

[1]) Wenn bei diesen Modellen noch immer jemand von Raketen abschießen spricht, muß ich doch fragen, ob es nicht ganz gleich ist, wenn ich die Reaktionswirkung durch direkt ausgestoßenes Gas bewirke, anstatt Luft durch die Schraube rückwärts zu peitschen. Niemand wird aber einen Piloten fragen, wann er sein Flugzeug „abschießt“!

weit führen würde, für eine genügende Zahl von Luftschichten die Rechnung durchzuführen, was, wie schon erwähnt, auch keinesfalls Zweck hat, solange die Registrierraketen nicht genauere Kunde von den höheren Schichten der Atmosphäre gebracht haben und solange die Annahmen der Aerologen über die anzutreffenden Mitteltemperaturen, damit Dichten usw. um Hunderte von Graden auseinandergehen. Am Prinzip des Rechnungsganges wird aber auch dann nichts zu ändern sein. Diese Bemerkungen gelten sowohl für den Auf- als auch den Abstieg. Wir wollen annehmen, daß wir bis zur 50 km Schicht wenig gehemmt mit 6 km/sek Geschwindigkeit

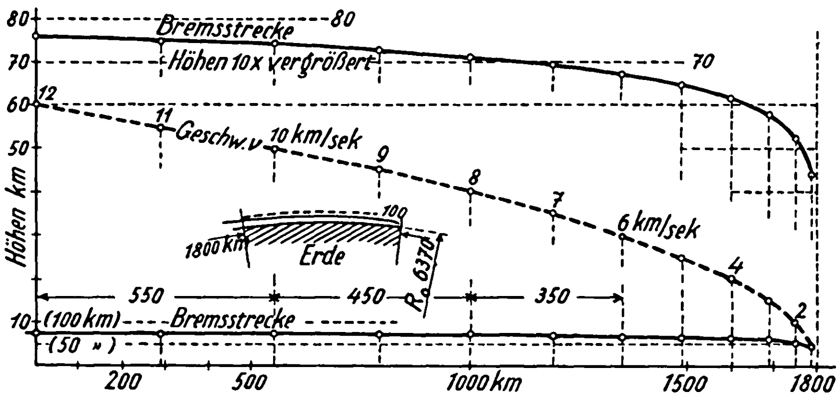


Abb. 59
zeigt den Abstieg des RH V, wenn er als Spitzenstufe eines RH VI—VIII mit 12 km/sek in die Atmosphäre eintritt. Die Endmasse sei 3^t, die Verzögerung 40 m/sek², was einem Luftwiderstand von 12^t entspricht, der bei der betreffenden Geschwindigkeit ein bestimmtes γ/g und daher eine bestimmte Höhe verlangt. Aus den Formeln $v = g \cdot t$ und $s = g/_2\, t^2$ sowie $R = v^2 F \gamma/g$ ist der jeweilige Ort und damit die Kurve zu berechnen, die unten im natürlichen Verhältnis der Höhen und Längen in der Mitte unter Berücksichtigung der Erdkrümmung und oben mit zehnfach übertriebenem Höhenmaßstab gegeben ist. Bei selbständigen Erdumfahrungen mit RH V kommt nur die Kurve von 8 km abwärts in Betracht.

gelangt sind, und zwar mit der Spitze voraus. Wie wir schon wissen, ist in diesem Falle der maßgebende Querschnitt der RH V $F = 2m^2$. Das Gewicht der RH V hat nach Ausgabe fast aller Triebstoffe nur mehr den Betrag von 3—4^t. Wählen wir als zulässige Verzögerung im tangentialen Einschießen in der Atmosphäre 30—40 m/sek², so wird der Luftwiderstand $R = 3 - 4 \times 3 - 4^t = 12^t$.

Die Geschwindigkeit möge in dem betrachteten Zeitraume von $v_1 = 6$ auf $v_2 = 4$ km/sek (daher im Mittel $v = 5$ km/sek) abnehmen. Bei 40 m/sek Verzögerung (oder gleichmäßiger Beschleunigung B nach rückwärts) ergibt dies 50 sek. In der Formel $R = v^2 F \gamma / g$ ist daher nur mehr γ zu bestimmen. Es ergibt sich zu $\frac{1}{4000}$ und daraus als durchlaufene Schicht die von 50 bis 40 km.

Der horizontale Weg ergibt sich dagegen aus $s = g/2\, t^2$ zu 250 km. Auf dieser Strecke nähert man sich also um 10 km der Erdoberfläche. Nimmt man nun die nächste Zeitspanne von 50 sek, so findet man auf gleiche Weise die Weglänge zu 150 km, die Annäherung an die Erdoberfläche aber nur zu 5 km, also von 40 auf 35 km, während die Geschwindigkeit von 4 auf 2 km/sek abnimmt.

Dieselbe Rechnung für die dritte Phase von 50 sek bringt die Geschwindigkeit von 2 auf 0 km/sek (abgesehen von der durch Erdschwerekraft erteilten!) auf 50 km horizontale Bahn mit einer Senkung von 35 auf 10 km Höhe. Damit ist die kosmische Geschwindigkeit vernichtet, das Flugzeug wird mit den Düsen vorausgedreht und geht im Gleitflug hinunter, nach Bedarf die Geschwindigkeit, welche die Erdanziehung verleiht, durch Auspuff ermäßigend, obwohl anzunehmen ist, daß diese nach dem Vergleich von Gleitflügen ähnlich flächebelasteter Verkehrsflugzeuge ohnehin nicht über 80 km/h hinausgehen wird. Wenn wir noch den Beweis nachtragen wollen, daß die Schichten oberhalb 50 km in diesem Falle nicht viel ausmachen, finden wir für die Schicht 90—50 km eine Verzögerung von nur 1,63 m/sek und eine Weglänge von 1890 km, sowie eine Geschwindigkeitsabnahme von 6,5 auf 6 km/sek. Da es bei Überschallgeschwindigkeit wegen der großen Erwärmung durch den Luftwiderstand wünschenswert ist, dem Luftstrom keine gewölbten Flächen, an welchen die Luft fegend vorbeistreichen kann, sondern womöglich Hohlformen gegenüberzustellen, ist es sehr glücklich, daß die Düsen des RH V, wenn in der Fahrtrichtung vorausgerichtet, fast eine Reihe von kleinen Fallschirmen bilden, die den größten Querschnitt ausfüllen und in welchen die Haupterwärmung die darin stehenden Luftkegel trifft, während der Rest auf die ohnehin hochfeuerfesten und gekühlten Düsenwände entfällt. Dazu tritt der Vorteil der besseren Steuerfähigkeit durch verschieden beaufschlagte Düsen, welche die Bremswirkung unterstützen. In obiger Rechnung, welche von 6 auf

0 km/sek Geschwindigkeit führte, war vorgesehen, den RH V mit der Spitze einschießen zu lassen und ihn erst in 10 km Höhe umzudrehen, wenn er nach Verlust jener kosmischen Geschwindigkeit nur durch die Erdschwere Unterschallgeschwindigkeit besitzt (0,3 km/sek). Die Zonen wurden dabei rohschematisch errechnet durch Bestimmung des Mittels von γ aus der Gleichung $R = v^2 F \gamma / g$. Da der Reduktionsfaktor $^1/_4$ jetzt entfällt, wird $F = 8$ anstatt $2\,m^2$, γ muß daher $^1/_4$ des vorigen γ werden. Das heißt aber nichts anderes, als daß alle Phasen einfach um 10 km höher sich abspielen (siehe Bild). Wie schon erwähnt, müßte man eigentlich die Rechnung für jeden km der 600 km Bremsstrecke separat durchführen, um elementar und jedem Laien verständlich und zugleich exakt zu bleiben. Aus den schon angeführten Gründen soll aber abgewartet werden, welche Resultate die Registrierrakete über die höheren Schichten der Atmosphäre bringen wird. Sicher ist es aber von größtem Vorteil, schon beim Eintritt in die Atmosphäre mit den Düsen voraus zu fahren. Sollte die Verzögerung 40 m/sek² zu groß und 20 m/sek² gewünscht werden, wird das ganze Manöver einfach 6 km höher verschoben, wo γ und damit auch der Luftwiderstand nur die Hälfte beträgt. Ein RH V wird auch zweckmäßig als obere Stufe der RH V—VIII dienen, wenn man von ihnen verlangt, von der Erdoberfläche zu starten und zu wassern. Wie seine Abbremsung von der kosmischen Geschwindigkeit von 12 km/sek stattzufinden hätte, zeigt Abb. 59. In den vorher wegen der Erdkrümmung immer steiler durchfahrenen höheren Schichten ist die Bremsung daher unbedeutend, da ja mit keinem größeren v zu rechnen ist. Zur Vereinfachung ist die Erdkrümmung weggelassen. Oberhalb 8 km/sek braucht man durch entsprechende Schiefstellung einen Abtrieb, unterhalb einen Auftrieb. Wenn RH V als obere Stufe dient, kann er, da er selbständig die Atmosphäre nur nach abwärts zu durchdringen hat, breiter und weniger tief gebaut werden, also flugzeugmäßig günstiger. Die Landungsskizze muß dann entsprechend geändert werden.

Der Start gewissermaßen von Stelzenbeinen senkrecht nach oben, der auch vorgeschlagen wurde, ist nur theoretisch möglich, man bedenke, daß der RH V, der mehrere Personen über den Atlantik bzw. bis zu den Antipoden in der oben für die Keplerschen Ellipsen angegebenen Zeit führen kann, ein Startgewicht von 30 Tonnen hat. Das Landegewicht mit drei Tonnen hält sich allerdings in den Grenzen normaler Verkehrsflugzeuge, z. B. hatten Amundsens Dornier-Walflugboote dieses Leergewicht. Immerhin scheinen mir sowohl Start wie Ankunft zweckmäßig aufs Wasser verlegt. Der RH V ist deshalb als Wasserflugzeug gedacht.

Zuerst führte ich eine normale Rakete mit gekühlten dickprofilierten Leichtmetalltragflächen aus, kam aber bald zu dem Schlusse, daß es viel zweckmäßiger sei, wenn die ganze Rakete die Form des fliegenden Flügels bekam. Infolge seines Trimms liegt der Schwerpunkt im Wasser so unter seinem Metazentrum, daß er von selbst dort eine schräge Lage einnimmt. Tritt nun der Effekt der Düsen hinzu, so ist die Folge, daß er sich immer mehr schräg aus dem Wasser hebt und gewissermaßen auf seinen Steuern über die Wellen reitet, bis auch der Auftrieb der Düsenkomponente und der Luft an der Tragfläche so groß ist, daß er sich ganz abhebt, worauf er beschleunigt in einer Kurve von zunehmender Steile die Atmosphäre durchdringt. Längst vor Abstellung des Antriebs hat er die 100 bis 200 km einer meßbaren Atmosphäre durchschritten. Dabei muß so manöveriert werden, daß er in die Keplersche Ellipse, die die Erde am Ziele wieder schneidet, mit der richtigen Geschwindigkeit und Richtung hineinkommt in etwa 500 km Höhe, die sich bald im Scheitelpunkt auf 1000 erhebt. Auf der halben Fahrt, wenn es sich um die größte auf Erden mögliche Fahrt bis zu den Antipoden handelt (etwa von Europa nach Neuseeland), also nach ca. 10000 km. Hierauf beginnt sich die Bahn wieder zu neigen, alles bei abgestellten Motoren. Die Ellipse muß so gelegt werden, daß mindestens 600 km vor dem Ziele, damit bei der Abbremsung der über 6 km/sek Geschwindigkeit die Verzögerung von 30 m/sek nicht überschritten wird, Schichten der Atmosphäre erreicht werden, die zwar eine wirksame Bremsung gestatten, aber nicht allzu großen Widerstand bei der rasenden Geschwindigkeit bieten. Hierzu wird mit Hilfe der

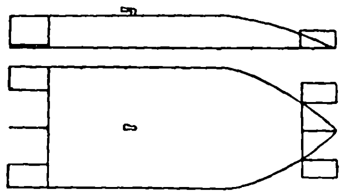


Abb. 60. RH V, der fliegende Flügel unter den Raketen trägt vorn und hinten Vertikal- und Horizontalsteuer, oben eine, besser zwei hintereinander stehende Drehdüsen. Die Hauptdüsen füllen das stumpfe Ende mit etwas nach rechts geneigter Achse und bilden einen etwas aufgetriebenen Abschluß (hier in schematischer Skizze nicht gezeichnet), so daß beim Abstieg mit dem Rückende voraus, tatsächlich bei Überschallgeschwindigkeit der ganze Körper im Vakuum fährt.

Drehdüsen das Fahrzeug so gelegt, daß die Düsen nach vorn zu liegen kommen, bevor noch die Atmosphäre erreicht wird.

Der eventuelle Gegenauspuff stellt eigentlich nur eine Reserve dar, denn bei geschicktem Manöver muß das Abbremsen allein durch den Luftwiderstand gelingen, bis auf die letzten Reste vor dem Aufsetzen auf das Wasser, das durch Tangieren der Wasseroberfläche durch die Spitze, die ja jetzt nach hinten liegt, geschieht. Die Flugkurve, bei deren Zeichnung von der Krümmung der Erdoberfläche abgesehen wurde, würde ungefähr so aussehen, wie es die Abb. 62a zeigt.

D sind die paarweise angeordneten Düsen, *DD* die Drehdüsen, welche schwenkbar angeordnet im freien Raum durch tangentialen

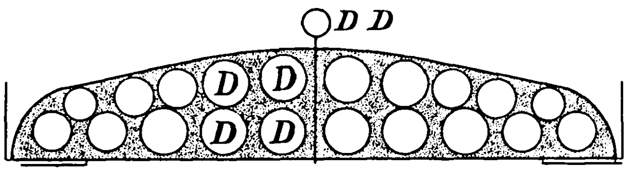


Abb. 61.
RH V von hinten. Man sieht schematisch die Düsen, die aber auch eckig den ganzen Querschnitt füllen können, und oben die Drehdüsen.

Auspuff nach jeder beliebigen Seite jede gewünschte Lage des Fahrzeuges einstellen. Solche Drehdüsen sind den schweren Kreiseln oder gar dem Herumklettern der Insassen, wie auch vorgeschlagen wurde,

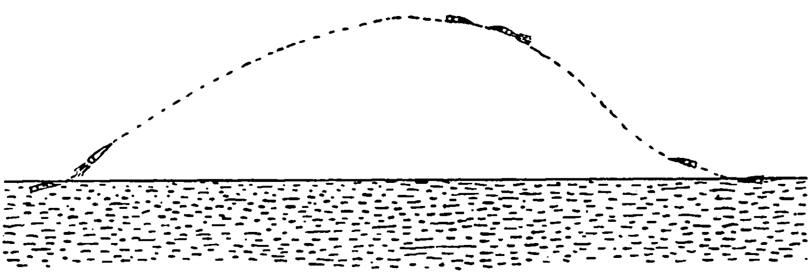


Abb. 62 a.
Auf- und Abstieg RH V. Anfangs sieht nur die Spitze aus dem Wasser, durch den Antrieb hebt sich der Körper und geht dann in die Luft über. Vor Wiedereintritt in die Atmosphäre wird durch die Drehdüsen gedreht, bis die Hauptdüsen voranstehen.

jedenfalls vorzuziehen. *A* sind Horizontal- und Vertikalsteuer, die sich vorn und hinten befinden müssen, da ja Bug und Heck ihre Rolle wechseln. *A* ist der Aufenthaltsraum der Besatzung mit Sehschlitzen nach allen Richtungen, als innendruckfeste Kabine mit Luftschleuse gebaut und mit einem Luftregenerationsapparat nach Muster der ausgezeichneten deutschen Unterseeboote versehen. Es ist auch bei dieser Form ohne weiteres möglich, das Rückstoßflugzeug, wie ich lieber als Rakete sage, zweistufig zu bauen. Doch habe ich auch eine innere Zweistufigkeit vorgesehen, indem die Düsen zuerst ganz oder zum Teil mit Alkoholsauerstoffgemisch oder einem Benzinsauerstoffgemisch, später aber mit Wasserstoffsauerstoffgemisch beschickt werden könnten. In dem Maße, als das Fahrzeug durch den Verlust der Brennstoffe leichter und damit auch die notwendige Auspuffmenge geringer wird, ist vorgesehen, daß die Düsen, von der Mitte beginnend, je ein Doppelpaar symmetrisch zum Mittelpunkt liegend, ausgeschaltet werden, um stets für die jeweilige Menge Gemisch passende Düsen, Öfen und Auspuffquerschnitte zu erhalten. Je vier symmetrisch liegende Düsen sind derart gekoppelt, daß ihre Nadelventile bzw. Gemischdrosseln von dem Steuerkreisel so betätigt werden, daß die Lage des Fahrzeugs im Raum stets erhalten bleibt, bis auf die Drehung um die Längsachse, zu deren Kontrolle die Drehdüse berufen ist. Mit dieser Einrichtung bezwecke ich zunächst eine sparsamere Brennstoffwirtschaft und vor allem die Vermeidung des sehr prekären Fallschirms für eine so große Masse, indem der fliegende Flügel gewissermaßen sein eigener Fallschirm ist.

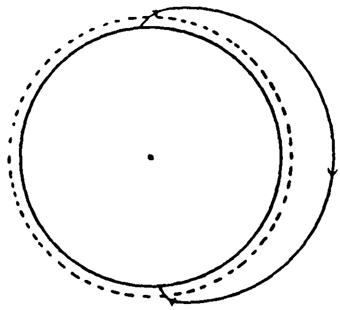


Abb. 62b
Erdumfahrung RH V
zeigt die kurzen steilen Anfahr- und Bremsstrecken und die lange freie Keplersche Bahn.

Dies ist auch die Konstruktion, die ich schon 1924 im Auge hatte, als ich in der Diskussion des Vortrags Oberths auf dem Deutschen Naturforschertag in Innsbruck erwähnte, mit welchem Vorteil sich Raketen auch zur horizontalen Überfliegung der Erdoberfläche z. B. zu photogrammetrischen Aufnahmen der Erde, also zur Aerokartographie z. B. mit dem Streifenbildner Hoefft-Scheimpflug heranziehen ließen. Dies war weiter der Grund, wenn ich davon sprach, daß nicht aus der Feuerwerksrakete, sondern aus dem Metallflugzeug die Reaktionsraumschiffe organisch entwickelt werden müssen. In der

Tat finden ja Abflug und Landung oder besser Wasserung fast genau so, wie bei Wasserflugzeugen erprobt, statt. Eine weitere Konkurrenz mit dem normalen Flugzeug durch Flüge in der Atmosphäre über kürzere Strecken als etwa 1500 km halte ich aber nicht für möglich. Weit- und Schnellflüge dagegen werden immer das Reservat der Reaktionraumschiffe bleiben, denn nur diese können im leeren Raum widerstandslos wie ein Kunstmond um die Erde fallend Geschwindigkeiten erzielen, die im Zeitraum einer Stunde jeden Punkt der Erdoberfläche erreichbar machen. Ich halte es für prinzipiell falsch, mit vieler Mühe Luftschichten von 15—50 km Höhe aufzusuchen und dann auf dem ganzen Wege mit dem wenn auch verminderten, Luftwiderstand zu kämpfen, wenn wir wenig höher gehend die Möglichkeit haben, die widerstandslose und daher auch antriebslose Bewegung der Himmelskörper anzunehmen. Bestimmt falsch ist es aber für die Rakete, deren mangelnde Eignung für eine Dauerleistung ich wohl genugsam gezeigt habe. Es wäre für alle Fahrzeuge, welche z. B. zu einer Raumschiffstation auf dem Monde oder einem zu schaffenden Kunstmond in einigen Tausend Kilometern Höhe über der Erdoberfläche, der zugleich den Mittelpunkt des Planetenschirmes bilden könnte, fahren, zweckmäßig, ihnen die Form des RH V zu geben. Den RH VI möchte ich aber erst auf dieser Station zusammensetzen und von dort starten lassen und ihn aus einem relativ kleinen Fahrzeug mit einem gewaltigen gekoppelten Brennstoffreservoir zusammensetzen. Ich möchte mich daher der Ansicht Oberths insoweit anschließen, als er bezüglich Raketenflugzeuge schreibt: „Es ist die Frage, ob der Übergang von Flugzeugen zum Raumschiff überhaupt möglich ist. Wenn man sich die Figur genauer ansieht, sieht man, daß dieser Apparat eigentlich weder als Flugzeug noch als Raumschiff zu gebrauchen (Rheinseedampfer!) ist.“ In der Tat wird nur das systematische Vorgehen zu Erfolgen führen, wie ich es schon bei meiner Gründung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Höhenforschung in Wien 1926 vorschlug: 1. Erprobung des Rückstoßes (der Düsen, Ösen usw.) im Laboratorium (seit Nov. 1927 im Gange), 2. Misch- und Pumpvorrichtungen, 3. Registrierrakete von 30 kg mit Steighöhe 100 km, 4. Registrier- und photographische Raketen zur Überfliegung der Pole, unbekannter Länder usw., 5. gleichlaufend mit den ersten bemannten Reaktionsflugzeugen wie RH V Registrier- bzw. Blitzlichtraketen RH III zum Monde. Diese Versuche werden natürlich noch vieles lehren müssen, was dann an den ersten bemannten Apparaten berücksichtigt wird. Z. B. ist es sehr fraglich, ob wir schon genügende Kenntnisse vom Verhalten von Flächen bei so hohen Geschwindigkeiten haben. Besonders die Frage der Viskosität der Luft bzw. des Wasserstoffs oder was sonst sich für Gase in den höchsten Schichten der Atmosphäre finden, und die Erwärmung durch Reibung kann heute noch nicht als geklärt betrachtet werden. Viel Material werden uns da schon hoffentlich die Registrierraketen auf 100 km bringen.

Nun noch ein paar Worte über Kritiker. Bei einer so ungeheuren neuen Sache ist es nur selbstverständlich, wenn noch viele Punkte der Kritik unterliegen, und es kann diese auch nur willkommen sein, weil selbst wir Fachleute, die sich seit einem Menschenalter mit dem Problem befassen (ich habe schon 1891 einen Lenkballon gezeichnet, der sich durch die Reaktion der vorn angesaugten und hinten ausgestoßenen Luft nicht nur fortbewegt, sondern durch Drosselung oder Schwenkung der Düsen auch steuert), nicht unfehlbar sind. Besonders zu bedauern ist, daß der Mangel an Geld bis jetzt umfangreichere Versuche verhindert hat. Z. B. ist ein Hauptstreitpunkt der, daß manche Theoretiker versichern, daß 2 km/sek Auspuffgeschwindigkeit nicht überschritten werden können, da die Molekulargeschwindigkeit im Sinne der kinetischen Gastheorie nicht weiter zu treiben sei. Ohne mich auf theoretische Spitzfindigkeiten hier einzulassen, muß ich sagen, daß Oberth mit einem Versuchsapparat 3700 m/sek bereits praktisch gemessen hat und wir in Wien bald dasselbe zu erreichen hoffen. Für den experimentellen Naturforscher ist damit die Sache erledigt, denn sobald Theorie und Experiment in Konflikt kommen, muß die Theorie nachgeben, sie ist dann entweder falsch, oder sie bedarf noch einer Korrektion, oder nur die Auslegung ist falsch. In diesem Falle haben die Kritiker wohl einfach mit $2 H_2$ zu O_2 im stöchiometrischen Verhältnis des Wassers gerechnet, während wir ja nicht einen großenteils dissoziierten Dampfstrahl, sondern nach meiner letzten Berechnung ein günstigstes Gemisch von $6 H_2$ zu O_2 haben, das schon über 4000 m/sek Molekulargeschwindigkeit besitzt, da die 200 % Wasserstoffüberschuß Molekulargewicht im Mittel und Dissoziation soweit herabdrücken.

Zu Ausgang des Mittelalters soll ein Konsilium von Gelehrten lange Zeit gestritten haben, warum ein Schaff mit Wasser nicht schwerer werde, wenn man einen Fisch hineinwerfe, und sich gegenseitig den Aristoteles, Plinius und die anderen „Kirchenväter" der scholastischen Schule an den Kopf geworfen haben, bis ein schon von der Neuzeit angekränkeltes Mitglied den Vorschlag machte, doch die Wanne auf eine Wage zu setzen und dann den Fisch hineinzuwerfen. Und siehe da — das Schaff wurde tatsächlich um das Gewicht des Fisches schwerer!

Nun, das haben Oberth und ich auch getan, die Wanne war der Ofen bzw. die Düse, der Fisch das Knallgas. Die modernen Scholastiker sind aber den alten noch über, sooft wir auch hofften, daß der Fortschritt der Wissenschaft uns von den letzten befreit habe, und stellen auch angesichts dieses Experimentes ihre Behauptungen nicht ein. Weiter scheint es in viele Gehirne nicht hineinzugehen, welchen Vorteil das Stufenprinzip mit sich führt, ich verweise diesbezüglich auf meine Gegenüberstellungen auf S. 259. Sie errechnen daher für eine Mondrakete Massenverhältnisse von 1 : 34 bis 1 : 1000 und erklären, daß die Weltenfahrt daher ganz unmöglich sei. Was auch von einer ungeteilten Rakete ganz richtig und nie von jemand behauptet worden ist, soweit ich die Materie übersehe. Daß solche Massenverhältnisse aber schon mit vier Stufen leicht erreichbar sind, auch wenn man wirklich annehmen wollte, daß 2 km/sek Auspuffgeschwindigkeit nicht überschritten werden kann, glaube ich a. g. O. genügend klar bewiesen zu haben.

Das aber sind noch verhältnismäßig (auf die relative Betrachtung kommt ja alles an) ernstzunehmende Einwände. Wenn aber ein Astronom behauptet, die Rakete bewege sich fort, indem sie sich an der Luft abstoße, sie könne daher im leeren Raum sich nicht bewegen, oder gar den Andruck von 30 m/sek² Beschleunigung der bemannten Rakete mit dem Abspringen von einem fahrenden Schnellzug vergleicht, die Geschwindigkeit des Zuges mit der Geschwindigkeitsänderung verwechselnd, welche der Abspringende beim Zusammenstoß mit dem Boden erleidet, die sich in einem Bruchteil einer Sekunde vollzieht und daher einer Beschleunigung von vielleicht 3000 m/sek entspricht, so zeigt dies eine so krasse Ignoranz, daß man nur erstaunen kann.

Wenn ein anderer den Antrieb der Rakete bis zum Mond fortsetzen will, so zeigt das wieder, daß er noch nicht einmal das Trägheitsprinzip, nach dem sich alle Himmelskörper bewegen, kapiert hat. Es liegt die Sache eben hier so, daß es auf diesem neuen Gebiet keine Autoritäten gibt, nach welchen manche so laut rufen, außer eben den paar Leuten, die sich seit Jahren schöpferisch auf diesem Gebiet betätigen, und ein berühmter Ballistiker hier so wenig eine Autorität darstellt als ein Flugzeugtechniker, wie sich leider durch deren Außerungen klar erwiesen hat. So verlangt z. B. ein Flugzeugtechniker einer der ersten Firmen, daß vorher der Nachweis erbracht werde, daß das Transatlantikraketenflugzeug dieselbe Last mit demselben Brennstoffverbrauch führe wie ein Flugzeug, was ungefähr ebenso sinnvoll ist, wie zu verlangen, daß das Flugzeug mit einem Frachtdampfer diesbezüglich konkurrieren soll. Es ist dabei nur vergessen, daß die Ozeanüberquerung in $^1/_2$ Stunde gegenüber der des Flugzeuges in etwa 20 Stunden oder der des Frachtdampfers in drei Wochen keine Quantitäts-, sondern eine Qualitätsleistung darstellt, die mit anderen Mitteln überhaupt unerreichbar ist.

Noch schmerzlicher sind die Einwände von Laien bezüglich Ertragbarkeit von Luftmangel und Temperatur. Diese Leute scheinen es rein verschlafen zu haben, welche Leistungen die deutschen Unterseeboote im Weltkrieg gezeigt haben und daß die Lufterneuerung für eine Besatzung von 50 Köpfen (gegen zwei im Raumschiff!) durch mehrere Tage sich durchaus bewährt hat. Noch entsetzlicher ist, was man über die Temperatur anhören muß! „Der leere Raum hat eine Temperatur von —273°!" Die philosophische Unbildung, dem leeren Raum, dem Nichts, überhaupt eine Temperatur zuzuschreiben, muß in Erstaunen versetzen. Soll sich aber die Temperatur auf die im Raum schwebenden Körper beziehen, so ist die Behauptung erst recht unwahr, wie die weisen Verfasser schon die Erde hätte lehren können. Sie schwebt ja auch im leeren Raum und hat trotzdem etwa 16° C Mitteltemperatur, vor allem wegen des Wärmeschutzes der Atmosphäre, besonders des Kohlendioxyds. In Wirklichkeit hängt die Temperatur nur vom Verhältnisse der Ein- und Ausstrahlung ab, und zwar praktisch hauptsächlich von der Sonnenstrahlung. Stellt man sich eine Kugel vor, deren eine Hälfte spiegelnd blank, deren andere aber mattschwarz gestrichen ist, so wird ihre Temperatur sehr verschieden sein, je nachdem, welche Hälfte der Sonne zu- und welche abgewendet ist, wenn sie etwa in Erdentfernung im Raum schwebt. Genau so kann man aber den Raumschiffen zwei so verschiedene Flächen geben, ja selbst den Metallschlauchraumtauchanzügen, und kann beide durch die bei RH V beschriebenen Drehdüsen in die gewünschte Stellung zur Sonne bringen und damit je nach Wunsch ihre Temperatur von — auf + 200° bringen innerhalb der Erdbahn.

Bezüglich des Ertragens von Andruck können aber nur Experimente mit einer gigantischen Zentrifuge das letzte Wort sprechen. Es darf dabei nicht vergessen werden, daß der ganze Vorgang der Beschleunigung beim Aufstieg der Rakete nur etwa 6—10 Minuten dauert, während bei dem maximal erreichbaren Massenverhältnis 1 : 10 eine einzige Stufe, bei 30 m/sek² Beschleunigung höchstens 9,2 km/sek ideale Erdgeschwindigkeit bei einer Auspuffgeschwindigkeit von 4 km/sek erreicht und sich daher daraus für die Antriebszeit 9000 : 30 = 300 sek = 5 min. ergibt.

Die besten Einwände sind schließlich mehr religiöser und philosophischer Art, indem sie die Frage in den Vordergrund stellen, ob die Menschheit sich nicht vermesse, wenn sie den Schritt von der Erde ins Weltall tue. Zunächst liegt wohl eine Verwechslung des physischen Himmels als Ort und des physischen Himmels als Zustand vor. Seit Kant[1]) sollte doch wohl jeder wissen, daß uns die Welt auf zwei Arten gegeben ist, als Innenwelt, deren wir uns unmittelbar bewußt sind, und als Außenwelt, von der uns unsere Sinne Bilder liefern. Unser Geist ist nun so organisiert, daß er diese Bilder oder Erscheinungen nach Zeit und Raum ordnet und durch die Kausalkette, d. h. von Ursache und Wirkung verbindet. Das Ideal der Wissenschaft ist, diese Kette lückenlos zu schmieden, und sie hat besonders in letzter Zeit in Chemie und Physik hier bewundernswerte Erfolge errungen, die dahinführen werden, daß wir die Erscheinungen immer mehr beherrschen. Sinnlos ist dagegen die Übertragung von Raum und Zeit, welch letztere ja die Relativitätstheorie nur als vierte Raumkoordinate betrachtet, auf das Innenleben, dessen Kern, den wir in jeder Erscheinung durch Analogieschluß annehmen sollten, als uns unmittelbar gegeben, Kant das Ding an sich nannte. Die Frage, wo der psychische Himmel im

---

[1]) Das schönste kürzeste Bild von dieser Weltanschauung, wenigstens einer männlichfesten und idealen und doch nicht schwärmerischen Denkungsart, gibt uns Fichte in seiner „Bestimmung des Gelehrten", Reclams Universalbibliothek Nr. 526/27.

Raum liegt, und die Besorgnis, ob die Raumschiffe dort nicht etwa Unordnung anrichten werden, ist daher zum mindestens naiv. Eine allgemein höhere Auffassung dieser Fragen ist daher vielleicht mit eine der schönsten Folgen der Raumschiffahrt. Auch daß sich die Menschheit in eingebildeter Gottähnlichkeit überheben sollte, wenn sie den Weltraum bezwingt, ist nicht zu befürchten, denn bei der praktischen Unendlichkeit von Raum und Zeit wird selbst der größte Erfolg hier gegen die Unendlichkeit ein Nichts, ja erst zur Erkenntnis der Unendlichkeit führen und neben dem wohlerworbenen Stolze auf diese größte Tat, die der Menschheit und ihrer Kultur selbst Rettung aus Erdkatastrophen verspricht (wenn z. B. die Sonnenwärme ab- oder zunehmen sollte, könnten zunächst Venus oder Mars dieselben Verhältnisse wie die Erde bieten und besiedelt werden), wird auch die Demut bleiben, die sich als ein relativ kleines Werkzeug Gottes ansieht in dem Plan der Erlösung der Welten. Schließlich müssen wir ja alle sterben!

Zum Schlusse möge aber noch ein Appell an alle „Kritiker“ gerichtet werden. Wie schon gesagt, wird sachliche und sachgemäße Kritik stets willkommen sein. Dazu ist aber die erste Erfordernis das unvoreingenommene und eindringende Studium aller im Schrifttum niedergelegten Erkenntnisse und Vorschläge in bezug auf die Raumschiffahrt. (Es ist ja noch nicht sehr viel Schrifttum, wenn man etwa andere Wissenschaften vergleicht.) Wer schon von vornherein sein Urteil fertig hat und gewissermaßen mit vorbereitetem Manuskript zur Diskussion kommt, darf sich dann nicht wundern, wenn er (weil er die Schriften nur durchblättert und nicht gelesen hat) auf seine Kritik eine scharfe Superkritik erhält und er dann blamiert dastehend voller Wehmut an die Brust schlägt und spricht: Si tacuisses, philosophus mansisses! Es ist nämlich niemand verpflichtet, sich öffentlich zu äußern über die Fragen der Weltraumschiffahrt, ja nicht einmal berechtigt, wenn er in die Materie nicht eingedrungen ist. Wenn er schon nicht dem mühseligen und entsagungsvollen Streben der wenigen seine Unterstützung leiht, so soll er ihnen wenigstens nicht noch Prügel zwischen die Beine schleudern (wir könnten sie aufheben und in einer für ihn unliebsamen Weise zweckentsprechend verwenden, was auch gesagt sei) und das sachunverständige Publikum schon kopfscheu machen, bevor es noch zur Mitarbeit aufgerufen wird.

Diesen Vorwurf muß ich leider vor allem den lieben deutschen Volksgenossen machen, denn während Amerika seinen Goddard und Rußland seinen Ziolkowsky glänzend unterstützt, merkt man in Deutschland bis jetzt nur Angriffe. Daß die Inaugurierung der Weltenfahrt auch eine nationale Tat allerersten Ranges ist, braucht doch wohl kaum erwähnt zu werden. Gerade das von allen Seiten befeindete und verleumdete deutsche Volk hätte alle Ursache, einen solchen eklatanten Beweis seines Kulturwertes zu unterstützen! Allerdings zeigen sich auch Anzeichen, daß sich unernste Personen auf dies populär werdende Gebiet verlegen, und Vorsicht ist daher sehr am Platze! Ich bin zu Begutachtnngen und Ratschlägen gern bereit unter der Anschrift: Wissenschaftliche Gesellschaft für Höhenforschung, Wien II/1 Darwingasse 34, p.Adr. Dr. Franz Hoefft, und bitte, auch sich als Mitglied für diese Gesellschaft anzumelden.

Da die Raumfahrt wohl nicht so bald ein lukratives Geschäft sein wird, haben die daran Mitarbeitenden kaum jemals Aussicht, daß sie ihre Opfer an Geld (von Geistes- und Nervenkraft gar nicht zu reden) wieder hereinbringen, und tun es daher nur aus selbstloser nationaler und Kulturbegeisterung, hätten daher wohl auch um so mehr Anspruch, vom ganzen Volk geschützt zu werden. Sollte es nicht geschehen, ist es unvermeidlich, wenn der große Gedanke zur Tat werden soll, auch die Unterstützung des Auslandes anzunehmen, z. B. bezüglich der internationalen Prioritätsrechte, welche ich in allen Ländern, die der Union des Patentschutzes angehören, durch meine österreichische Patentanmeldung vom 1. Februar 1928 erworben habe. Nur die Größe des Gedankens der Raumfahrt treibt ja die einen, eines Gedankens, der allen anderen Kulturwerten erst ihren wahren Wert verleiht und sie außerdem noch übertrifft, denn wozu soll das rastlose Streben der Besten des Menschengeschlechts nach Kulturfortschritt dienen, wenn, wie manche es durchaus wollen, der Absturz des Mondes oder das Heißer- oder Kälterwerden der Sonne das Ende des irdischen Lebens herbeiführt?

Ist dann aber eine Weltraumarche Noah vorhanden, welche die rassenhygienisch Auserwählten mit einer Auswahl nur der höchsten und edelsten Kulturwerte z. B. auf Mars oder Venus führt, die unter den obigen Bedingungen ja dann ungefähr das heutige Erdklima bekämen — dann war der Tod der Billionen doch nicht umsonst! Auf der anderen Seite ist es aber gerade die Größe dieses Gedankens, welche den boshaften kleinen Geistern unangenehm ist, denn der Beschränkte haßt das Schrankenlose!

Sehe also jeder, zu welcher Kategorie er gehört! Schärfer als jedes andere zeigt das Problem der Weltraumschiffahrt die Scheidung der Geister in solche des Lichts, welche begeistert mitarbeiten, und solche der Finsternis, welche stets verneinend nur hämische Kritik sich abquälen, welch letztere meiner stärksten negativen Hochachtung versichert seien!

Leider ist jetzt die perverse Neigung verbreitet, die Errungenschaften unserer Zeit herabzusetzen, angeblich eine Empörung gegen die Verstandeskultur, vermutlich von denjenigen, welche an diesem Artikel keinen Überfluß haben! Z. B. wenn man den alten Bewohnern von Ägypten, Babylonien oder gar des Fabellandes Atlantis Erfindungen zuschreibt, die nur auf der Basis der ganzen Kulturarbeit der Menschheit möglich sind, weil z. B. einem dieser alten Herren geträumt hat, er könne fliegen! Aber Träume sind noch keine Konstruktionen, und diese keine gelungenen Versuche, wie jeder weiß, der sich jemals ernst damit beschäftigt hat. Die Vorwürfe, die von gewissen Kulturschädlingen, die nur ihre Eitelkeit durch Geistreichelei befriedigen, der Technik gemacht werden, treffen diese so wenig (vielmehr nur Politik, Wirtschaft und Hygiene) wie der alberne Vorwurf den Schleifer, wenn er ein Werkzeug recht scharf, also geeignet gemacht hat und der unvorsichtige Benutzer sich schneidet! Technik ohne Wissenschaft ist blind, Wissenschaft ohne Technik lahm! Z. B. also eine Technik, die uns in den Weltraum führen würde, bevor die Wissenschaft alles zu Erwartende aufgeklärt hat, wäre gefährlich, aber eine Wissenschaft, die mit noch so großer Sicherheit eine Erdkatastrophe voraussagen könnte, wäre lahm, dem Unheil abzuhelfen, ohne die Hilfe der Weltraumschiffahrt. Manches wird allerdings erst die Weltraumschiffahrt vielleicht schon durch die Außenstation aufklären, z. B. bezüglich der Oberflächen der Nachbarplaneten, von denen wir eigentlich nur die amerikanischen Temperaturmessungen des Mars als sicheren Besitz ansehen können, daher auch die Frage, ob sie belebt oder bewohnt (von Intelligenzen) sind, was ständig verwechselt wird, noch ganz unentschieden ist, was auch phantastische Schwätzer darüber sagen mögen.

Die ungangbaren Wege zur Realisierung der Weltraumschiffahrt

Von Ingenieur Guido von Pirquet

Es ist nicht leicht, für die Besprechung der „Holzwege“, die sich bei diesem Problem ergeben haben, die richtige Form zu finden, so daß die Sache sowohl für den Laien lesbar und verständlich, als auch für den Fachmann hinreichend exakt und interessant ist.

Ich will mich daher zwar nicht einer exakten Darstellung enthalten — mich aber doch bemühen, die Rechnungen so einfach als möglich durchzuführen und durch plastische Wahl der Bezeichnungen die Formeln auch dem Nichtfachmann genießbar zu machen — und nur wo es unumgänglich notwendig ist, zu komplizierten Rechnungen greifen.

I. Teil

Die notwendigen Geschwindigkeiten

Obwohl damit vermutlich Bekanntes wiederholt wird, soll es hier nicht unterlassen werden, an der Hand eines Diagramms (Abb. 63)

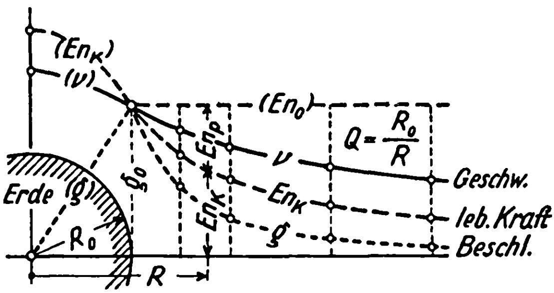


Abb. 63.

sowie einer Tabelle (Tabelle I) die uns interessierenden Größen darzustellen.

Wenn wir einen Körper aus unendlicher Entfernung auf die Erde fallen lassen, nimmt er — allerdings unter Vernachlässigung der Sonneneinwirkung — in verschiedenen Entfernungen von der Erde, bevor er dieselbe erreicht, verschiedene Werte der Geschwindigkeit v km/sek und der lebendigen Kraft $En_k \left(\text{kg}\,\frac{\text{m}^2}{\text{sek}^2}\right)$ (kinetische Energie) an, die mit dem Quotienten $Q = \frac{R_0}{R}$ im Zusammenhang stehen, wobei R_0 der Erdradius und R die Entfernung vom Erdmittelpunkt ist.

Zuerst müssen wir die Energie En_0 ableiten, welche die mechanische Masseneinheit 1 kg Masse $= 9{\cdot}81$ kg Gewicht durch den freien Fall bis zur Erdoberfläche annimmt[1]). Für dieselbe ergibt sich die Ziffer

$$\begin{aligned} En_0 &= g\,R_0 = 981 \times 6370300 \text{ m} \\ &= 62{,}493000 \text{ mkg} \\ \text{oder rund } &= 62{\cdot}5 \text{ Tonnenkilometer}. \end{aligned} \tag{1}$$

Und somit folgt ferner die Endgeschwindigkeit

$$\text{aus } En_0 = \frac{m}{2} v_0^2, \text{ für } m = 1,$$

$$\text{also } v_0^2 = 2\,En_0 \text{ und } v_0 = \sqrt{2\,En_0}$$

$$v_0 = \sqrt{125{,}000.000} = \boldsymbol{11180} \text{ m/sek}. \tag{2}$$

Tabelle I

$\frac{1}{Q} = \frac{R}{R_0}$	1·0	1·1	1·5	2·0	3·0	5·0	10·0	20·0	Rechnung
$Q = \frac{R_0}{R}$	1·0	·909	·67	·50	·33	·20	·10	·05	
Q^2	1·0	·835	·444	·250	·111	·040	·010	·0025	
$\sqrt{Q}$	1·0	·954	·817	·707	·577	·447	·316	·224	
$2\,En_k$	125	113,6	83,3	62,5	41,7	25	12,5	6,25	$2\,En_0\,Q$
v	11·18	10·66	9·14	7·90	6·45	5·0	3·53	2·50	$v_0\sqrt{Q}$
$2\,En_a$	148,8	137,4	107,1	86,3	65,5	48,8	36,3	30,1	$2\,En_k + 23{\cdot}84$
v_a	12·18	11·73	10·36	9·30	8·10	7·00	6·00	5·48	$\sqrt{2\,En_a}$
g	9·81	8·10	4·36	2·45	1·09	·392	·098	·0245	$g_0\,Q^2$

Wenn wir nun einen Punkt im Abstand R außerhalb der Erde ins Auge fassen, so teilt sich für denselben die Energie $En_0 =$

[1]) Unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes.

62·5 Tonnenkilometer in zwei Teile, und zwar in $En_k =$ kinetische Energie oder lebendige Kraft, Wucht, und $En_p =$ potentielle Energie oder Energie der Lage, wobei stets

(3) $$En_k + En_p = En_0 \,.$$

bleibt. Dabei ist dann

$$En_k = En_0 \frac{R_0}{R} = \frac{v^2}{2}$$

und für

(4) $$Q = \frac{R_0}{R}$$

wird nunmehr:

(5) $$En_k = En_0\, Q \quad \text{und} \quad En_p = En_0\,(1 - Q)$$

und daher

(6) $$v = v_0 \sqrt{Q}$$

und ferner aus dem Newtonschen Gesetz die Beschleunigung g im Abstande R

(7) $$g = g_0\, Q^2 \,.$$

In der Zeichnung Abb. 63 wird uns vor Augen geführt, wie die Werte von v, En_k und g verschieden schnell mit der Entfernung R vom Erdmittelpunkt abnehmen. Zu beachten ist, daß die Werte En_k und En_p (kinetische und potentielle Energie) in allen Lagen die gleiche Summe En_0 ergeben. Die eingeklammerten Werte gelten für das Erdinnere, also wenn man sich den freien Fall z. B. in einem feuerfesten Schacht fortgesetzt denkt.

Das Schwerefeld der Sonne ist aber auch im Erdabstand noch bedeutend größer (14,2 mal so groß) als das der Erde und beträgt also für das Kilogramm Masse $En_s = 886$ Kilometertonnen gegen $En_e = 62{,}5$ t/km für die Erde.

Wenn wir einen Körper aus dem Schwerbereich der Erde entfernen wollen, müßte man ihm eine Geschwindigkeit geben, die größer als v_0 ist, wir wollen sie v_a (Startgeschwindigkeit) nennen; in der relativ nahen Entfernung im neutralen Punkt zwischen Erde und Mond (rund 340 000 km von der Erde, 38 000 km ab vom Mond) wäre das v_0' ab v_0 schon auf 1,52 km pro Sekunde herabgesunken.

Wenn also eine größere Geschwindigkeit v_a erteilt wird, so können wir die entsprechende Kurve nicht dadurch finden, daß wir z. B. einfach zur ganzen Kurve 1 km/sek hinzufügen, sondern wir müssen wieder von der Energierechnung ausgehen, z. B. wird für

$$v_\alpha = v_0 + 1 \text{ km/sek} = 12\cdot 18 \text{ km/sek}$$
$$v_\alpha{}^2 = 12\cdot 18^2 = 148{,}84$$
$$= 2\, En_\alpha = 125 + 23{,}84\,.$$

Nun wird für einen beliebigen Abstand R unser v_α' folgendermaßen zu berechnen sein. Aus folgender Formel

(8) $$En_\alpha = En_0 + En_r$$

erhalten wir für den Abstand R

(8') $$En'_\alpha = En_0\, Q + En_r \text{ oder}$$
$$v_\alpha'^2 = 2\,(En_0\, Q + En_r)$$

hier also die Werte $v_\alpha'^2 = 125\, Q + 23\cdot 84$, worin En_0 das Potential der Erde und En_r die Restenergie bedeuten.

Aus dieser Formel ergeben sich nun die Werte v_α der Tabelle, aus welcher wir ersehen, daß bei $R = 10\, R_0$ $v'_\alpha = 6{,}0$ km/sek und $v' = 3{,}53$ km/sek, also ersteres beträchtlich größer ist, obwohl die Differenz an der Erdoberfläche bloß 1 km/sek gewählt wurde.

Um zu anderen Planeten zu gelangen, müssen wir also, wie bereits gesagt, im allgemeinen v_α etwas größer als v_0 wählen, da sonst die Restgeschwindigkeit gegen Ende eine gar zu geringe wäre. Nur soviel zur leichtfaßlichen Darstellung der Erfordernisse. (Genaueres darüber siehe unter Kapitel „Fahrtrouten und Fahrzeiten" von Ing. Hohmann.)

Hervorgehoben muß hier noch werden: Diese Geschwindigkeit v_α muß der Körper nach dem Durchmessen des relevanten Teiles der Erdatmosphäre haben, also etwa in der Höhe $H = 50$ km mit einem Luftdruck von ca. 0,00045 Atmosphäre (das ist 4,5 mm Wassersäule oder 0,3 mm Quecksilbersäule). Diese Geschwindigkeit wird bei der Rakete erst in größerer Höhe erreicht, Geschwindigkeitsverluste durch die Erdanziehung spielen dabei im allgemeinen keine Rolle, da hier nur eine Umwandlung von kinetischer in potentielle Energie vor sich geht (siehe Abb. 63, $En_k + En_p = En_0$).

Es soll nun noch genauer auf die Auswirkungen eingegangen werden, die eintreten, wenn ich ein

$$v_\alpha = 12{,}18 \quad \text{statt} \quad v_0 = 11{,}18 \text{ km/sek}$$

in Anwendung bringe.

Diese Dinge müssen genau entwickelt und vom Leser genau aufgefaßt werden, einerseits, damit dieser mit wirklichem Verständnis in die Materie eindringen kann — anderseits sind sie eben für die „Erfordernisse" geradezu ausschlaggebend.

Wir haben uns also die Erde vorher allein im Weltall vorgestellt und gesagt, „mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 kann ein Körper das Schwerebereich der Erde verlassen", und zwar wenn v_0 nicht lotrecht, also zum Erdmittelpunkt, sondern wagrecht gerichtet war, in einer

Parabelbahn,

wobei die Restgeschwindigkeit v_r im äußeren Parabelast sich allerdings dem Wert 0 nähert.

Für ein $v_a > v_0$ erhalten wir aber in diesem Fall (wenn v_a horizontal war) eine

Hyperbelbahn

und jetzt aber eine Restgeschwindigkeit $v_r = \sqrt{2 En_r}$ auf dem äußeren Hyperbelast (auch noch in unendlicher Entfernung).

Für unser Beispiel ist für $v_a = 12{,}18$

$$v_r = \sqrt{2 En_r} = \sqrt{23{,}84} = 4{,}9 \text{ km/sek}$$ [1]).

Nun kehren wir wieder zu den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen zurück und betrachten die Erde als das, was sie in Wirklichkeit ist, als einen Planeten des Sonnensystems.

Wenn wir nun dieser Restgeschwindigkeit v_r z. B. den Wert $v_r = 12{,}34$ km/sek statt 4,9 erteilen wollen, brauchen wir nunmehr ein v_a aus der Formel 8

$$En_a = En_0 + En_r$$
$$v_a^2 = v_0^2 + v_r^2.$$

Durch Einsetzung dieser Werte erhalten wir nunmehr

$$v_a^2 = 11{,}2^2 + 12{,}34^2 = 125 + 152{,}3 = 277{,}3, \text{ also}$$
$$v_a = \sqrt{277{,}3} = 16{,}65 \text{ km/sek.}$$

Diese Restgeschwindigkeit $v_r = 12{,}34$ ist aber schon die Differenz zwischen der parabolischen und der Keplerschen Geschwindigkeit für den Erdabstand bezüglich die Sonne.

Wir erhalten nämlich für einen Körper (siehe Abb. 64), der sich in der Richtung der Erdbahn bewegt,

---

[1]) Wenn nun v_a doch lotrecht gerichtet war, so werden dann auch für bestimmte Abstände R vom Erdmittelpunkt die Geschwindigkeiten wieder dieselben sein wie die, welche wir für die gleichen Abstände R auf der Hyperbelbahn hatten, und die Restgeschwindigkeit auf der geradlinigen Bahn ist wieder $v_r = 4{,}9$ auch in unendlicher Entfernung.

für $v_s < v_k$, also v_s[1]) kleiner als 29,8 kleine Ellipsen innerhalb der Kreisbahn;

		v_s km/sek	ϱ_s 10^6 km
v_s	$< v_k$ kl. Ellipse	20·9	74
	$= v_k$ Kreis	29·8	150
	$\left.\begin{matrix} > v_k \\ < v_p \end{matrix}\right\}$ große Ellipse	36·8	230
	$= v_p$ Parabel	42·1	300
	$> v_p \left\{\begin{matrix} \text{Hyperbel} \\ v_r = 18{\cdot}8 \end{matrix}\right.$	46·1	360

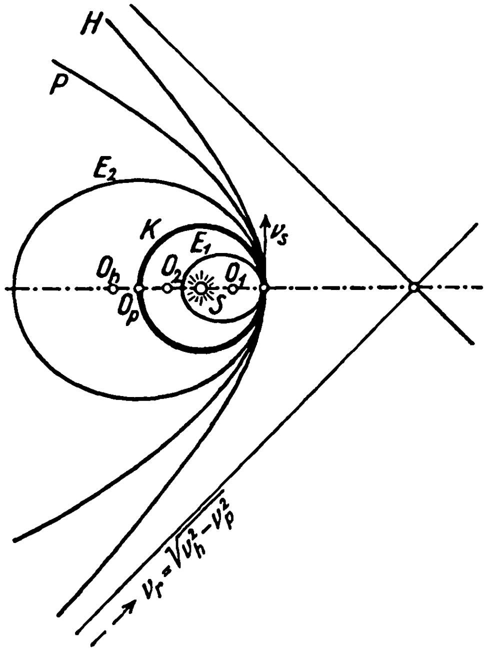


Abb. 64.
Die Bahnen für verschiedene Werte der Scheitelgeschwindigkeit v_s.

für $v_s = v_k = 29{,}8$ die Kreisbahn[2]);

„ $v_k < v_s < v_p$, also für v_s größer als 29,8 und kleiner als 42,1 große Ellipsen außerhalb[3]) des Kreises;

„ $v_s = v_p = 42{,}1$ die Parabelbahn mit der Restgeschwindigkeit $v_r = 0$ und

„ $v_s = v_h > v_p$ größer als 42,1 die Hyperbelbahn mit der Restgeschwindigkeit $v_r = \sqrt{v_h^2 - v_p^2}$.

[1]) v_s ist die „Scheitelgeschwindigkeit“.

[2]) Die Erdbahn ist zwar auch nicht genau kreisförmig, doch liegt sie diesem hier angegebenen Kreis sehr nahe.

(9) [3]) Dabei ist zu beachten, daß $v_p^2 = 2 v_k^2$ ist, oder $v_p = \sqrt{2} \cdot v_k$, hier $42{,}1 = 1{,}414 \times 29{,}76$; die Energie für die Umlaufsgeschwindigkeit v_k eines Planeten ist also stets die Hälfte der Energie für die parabolische Geschwindigkeit v_p für denselben Sonnenabstand.

Wenn wir also die Rakete in der Vorwärtsrichtung der Erdbewegung mit einem $v_a = 16{,}65$ km/sek lancieren, so bleibt ihre Restgeschwindigkeit gegen die Erde $v_r = 12{,}34$ und damit ihre Relativgeschwindigkeit gegen die Sonne

$$v_s = 12{,}34 + 29{,}76 = 42{,}1.$$

$v_s = 42{,}1$ ist aber bereits der Wert der parabolischen Geschwindigkeit v_p, und somit kann unsere Rakete mit der Startgeschwindigkeit $v_a = 16{,}7$ bereits das

Schwerbereich der Sonne verlassen,

und zwar in einer parabolischen Bahn, allerdings mit einer zweiten Restgeschwindigkeit $v_{r2} = 0$.

Wollen wir nun dieser zweiten Restgeschwindigkeit den Wert $v_{r2} = 20$ km/sek erteilen, so ergibt sich folgende Rechnung:

(10) $$v_h^2 = v_r^2 + v_p^2 =$$
$$= 20^2 + 42{,}1^2 = 400 + 1770 = 2170$$
$$v_h = \sqrt{2170} = 46{,}6, \quad \text{ferner ist}$$

(11) $$v_{dh} = v_h - v_k$$
$$46{,}6 - 29{,}76 = 16{,}84 = v_{dh} \quad \text{und}$$

(12) $$v_a^2 = v_{dh}^2 + v_0^2$$
$$v_a^2 = 16{,}84^2 + 11{,}2^2 = 283{,}5 + 125 = 408{,}5 \quad \text{und}$$
$$v_a = \sqrt{408{,}5} = 20{,}24 \text{ km/sek.}$$

Analog ergeben sich für $v_{r2} = 10$ km folgende Werte:

$$v_h^2 = 10^2 + 42{,}1^2 = 100 + 1770 = 1870$$
$$v_h = \sqrt{1870} = 43{,}25$$
$$43{,}25 - 29{,}76 = 13{,}5 = v_{dh}$$
$$v_a^2 = 13{,}5^2 + 11{,}2^2 = 182{,}3 + 125 = 207{,}3$$
$$v_a = \sqrt{307{,}3} = 17{,}5 \text{ km/sek.}$$

Es ist also höchst wichtig, zu beachten, daß sich für eine Änderung der

Startgeschwindigkeit v_a von 16,7 auf 17,5 und 20,24 die
Restgeschwindigkeit v_r von Null auf 10 und 20 km/sek

ändert, und daß man hier tatsächlich das Wort anwenden kann:

„Kleine Ursachen und große Wirkungen“.

Um diesen Dingen nun die Form einer Regel zu geben, können wir diese etwa folgendermaßen formulieren:

1. Varianten der Restgeschwindigkeiten können nicht durch einfache Addition gerechnet werden, sondern müssen aus dem Energiesatz durch Addition der Quadrate der entsprechenden Geschwindigkeiten ermittelt werden.

2. Es ist daher auch durchaus nicht gleichgültig oder belanglos, wann einer Rakete eine bestimmte Zusatzgeschwindigkeit auf ihrer Bahn erteilt wird.

Wir wollen diese Sätze und ihre einschneidende Wichtigkeit an der Hand eines praktischen Beispiels untersuchen.

Wir setzen also den Fall, daß wir das Sonnensystem mit einer Restgeschwindigkeit $v_r = 20$ km/sek verlassen wollen.

Hierfür ergeben sich nun für drei verschiedene Methoden einschneidend auseinandergehende Zahlen für den erforderlichen Aufwand zur Erzielung desselben Resultates.

Methode I

1. Zuerst wird v_0 erteilt, um der Erdschwere zu entrinnen.

$$v_0 = 11{,}2 \text{ km/sek}, \quad \varDelta v1 = 11{,}2$$ [1]).

Die Rakete bewegt sich nun in der Erdbahn mit einer Umlaufsgeschwindigkeit von 29,8.

2. Nun wird $\varDelta v2$ „angestückelt“, $\varDelta v2 = 12{,}34$, um die parabolische Geschwindigkeit 42,1 zu erreichen ($29{,}76 + 12{,}34 = 42{,}1$).

3. Wird nun gewartet, bis die Rakete schon recht weit draußen ist auf ihrer Parabelbahn, z. B. im 100fachen Erdabstand, wo die Geschwindigkeit nur mehr

$$v = v_p \sqrt{Q} = 42{,}1 \sqrt{0{,}01} = 4{,}21 \text{ km/sek beträgt.}$$

Und nun wird die Differenzgeschwindigkeit auf die 20 km/sek Restgeschwindigkeit wieder „angestückelt“; also $\varDelta v3 = 15{,}8$.

---

[1]) Lies: „Delta Vau Eins“; in der Mathematik bezeichnet man mit einem vorgesetzten Delta die Änderung des nachfolgenden Wertes; $\varDelta v$ und $\varDelta En$, lies „Delta Vau“, und „Delta En“ bezeichnen die Änderung des Wertes der Geschwindigkeit bzw. der Energie. — Die Geschwindigkeit v ändert sich wohl die ganze Zeit (außer auf der Kreisbahn) für einen Körper, der eine „freie Trägheitsbahn“ beschreibt, wir reden aber hier von den willkürlich erteilten Geschwindigkeitsänderungen.

Diese Methode verlangt also einen Geschwindigkeitsaufwand von

$$\begin{array}{r} 11{,}18 \\ 12{,}34 \\ \underline{15{,}80} \\ \underline{\underline{39{,}32}}\ \text{km/sek} \end{array} \qquad \Sigma \Delta v = 39{,}3\,^{1)}.$$

Methode II

Es wird sofort durch Erteilung von $v_a = 16{,}65$ die parabolische Geschwindigkeit erteilt und dann erst die Restgeschwindigkeit „angestückelt"

$$\begin{array}{r} 16{,}7 \\ \underline{15{,}8} \\ \Sigma \Delta v = \underline{\underline{32{,}5}}\ \text{km/sek.} \end{array}$$

Methode III

Es wird sofort $v_a = 20{,}24$ erteilt

$$\Sigma \Delta v = \underline{\underline{20{,}24}}.$$

Untersuchung des Aufwandes
für die Methoden I, II und III.

Wenn wir nun für eine Auspuffgeschwindigkeit von $c = 4$ km/sek den Quotienten für das Verhältnis

$$Q = \frac{\text{Anfangsgewicht}}{\text{Endgewicht (Nutzlast)}}$$

für $\Delta_v = 6{,}4$ km/sek mit $Q = 10$ annehmen, ergeben sich für die drei verschiedenen Methoden folgende Ziffern für den Aufwand:

Für die Methode wird $\frac{\text{Anfangsgewicht}}{\text{Endgewicht (Nutzlast)}} = Q$

(I) $\frac{39{,}32}{6{,}4} = 6{,}144$ und $10^{6 \cdot 144} = 1{,}400.000$

(II) $\frac{32{,}5}{6{,}4} = 5{,}08$ und $10^{5 \cdot 08} = 120.000$

(III) $\frac{20{,}24}{6{,}4} = 3{,}17$ und $10^{3 \cdot 17} = 1.500$.

---

[1]) Lies „Summe aller Delta Vau", das Zeichen Σ ist das Sigma, das große S des griechischen Alphabets.

Wenn man sich diese Werte genau ansieht und die kolossale Herabsetzung des erforderlichen Aufwandes betrachtet, welcher dadurch erreicht wird, daß man statt der „Anstückelmethode“ gleich die richtigen Startgeschwindigkeiten v_a anwendet, erübrigt es sich, weitere Worte über die Wichtigkeit dieser Maßnahme zu verlieren. Noch günstiger gestaltet sich die Sachlage, wenn wir den Erdmond als Startplaneten benutzen, da wir dann auch die Bewegung des Mondes ausnützen können und überdies der Energiebetrag für ein Verlassen des Mondes viel geringer ist als ab Erde.

Ich wähle für dieses letzte Beispiel die Hyperbel mit einer Restgeschwindigkeit $v_r = 10$ km/sek.

Ich brauche nun in der Erdbahnrichtung eine Scheitelgeschwindigkeit von 43,25 km/sek (siehe oben).

Die Geschwindigkeit der Erde plus der Geschwindigkeit des Mondes beträgt aber

$$v = 29{,}76 + 1{,}02 = 30{,}78 \text{ km/sek}$$

und somit brauchen wir eine Relativgeschwindigkeit gegen den vorwärtskreisenden Mond von

$$v_a = 43{,}25 - 30{,}78 = 12{,}47 \text{ km/sek.}$$

Außerdem ist noch das Potential der Erde im Mondabstand mit

$$En = En_0 Q = 125 \frac{1}{60} = 2{,}1$$

und das Schwerefeld des Mondes selbst mit 5,7 zu überwinden, und wir erhalten somit:

$$v_a{}^2 = 12{,}47^2 + 2{,}1 + 5{,}7 = 163{,}2 \quad \text{und}$$

$$v_a = \sqrt{163{,}2} = 12{,}8 \text{ km/sek.}$$

Der märchenhafte Traum einer

Umkreisung des Saturns

mit seinem magischen Ring ist also mit einer Startgeschwindigkeit $v_a = 12{,}8$ ab Mond und einem Gewichtsquotienten

$$Q = 100 = \frac{\text{Anfangsgewicht}}{\text{Nutzlast}}$$

spielend zu realisieren, sobald wir nur am Mond eine Raketenstation haben und für die Landung der Insassen (mit oder ohne Nutzlast) der zurückkehrenden Rakete, etwa durch eine Hilfsrakete[1]), gesorgt ist.

[1]) Z. B. durch eine abholende Hilfsrakete, die im Parallelflug die Insassen und die eigentliche Nutzlast aufnimmt, während man die Hauptlast der alten Rakete auf einer hyperbolischen Bahn im Weltraum verschwinden läßt.

Für die Rückkehr- oder Umfahrungsschleife in Form eines Hyperbelscheitels um den Saturn herum ist allerdings noch eine Korrektur der vorhandenen Geschwindigkeit, und zwar eine Verminderung derselben (erst in der Nähe des Saturns) notwendig. Diese Verminderung Δv beträgt 3 km/sek für die Parabelbahn und 6 km/sek für die oben angegebene Hyperbelbahn. Somit muß dann auch das Q auf zirka 400 bzw. 1000 erhöht werden; die einfachen Fahrzeiten (Hinreise) betragen zirka **1000** Tage für die Parabelbahn und **840** Tage für die Hyperbelbahn.

Von einer Außenstation ausgehend wären die Werte für v_α und Q noch kleiner, also noch günstiger.

II. Teil

Die ballistischen Erfordernisse[1]

Wenn wir nun ein Projektil durch die Atmosphäre hindurchschießen wollen, brauchen wir eine größere Mündungsgeschwindigkeit v_m, als das v_α ist, welches ja das Projektil nach der Durchquerung des relevanten Teiles der Atmosphäre haben muß.

Dabei läßt sich eine relativ einfache Formel ermitteln, wenn wir folgende Bezeichnungen einführen[2]:

---

[1]) Die Abfassung dieses Absatzes ist ganz für die Jules-Vernesche und die ähnlichen Methoden (III.—V. Teil) zurechtgelegt und hat keine Anwendung auf die „Rakete".

[2]) Ich will die Ableitung dieser Formel jenen Lesern, die höhere Mathematik können, nicht vorenthalten; sie ist gar nicht besonders kompliziert.

a) Lotrecht.

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{v^2}{\varrho_w}\frac{p}{p_0}$$

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{v}{\varrho_w}\frac{ds}{dt}\frac{p}{p_0}$$

$$-\frac{dv}{v} = \frac{1}{\varrho_w}\frac{p}{p_0}ds$$

$ds = dh$ (h = Höhe) und

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{1}{e}\right)^{\frac{h}{h_e}} = e^{-\frac{h}{h_e}}$$

$$-\frac{dv}{v} = \frac{1}{\varrho_w}\, e^{-\frac{h}{h_e}} \cdot dh$$

$$+\int\frac{dv}{v} = \frac{+h_e}{\varrho_w}\int e^{-\frac{h}{h_e}} \cdot -\frac{dh}{h_e}$$

$$\log v = \frac{h_e}{\varrho_w}\cdot e^{-\frac{h}{h_e}} + C$$

$$\log v_0 = \frac{h_e}{\varrho_w}\cdot 1 + C$$

$$\log\frac{v_0}{v} = \frac{h_e}{\varrho_w}\left(1 - e^{-\frac{h}{h_e}}\right)$$

und für unseren Fall mit der Mündungshöhe h_m und dem entsprechenden Druck p_m

v_m = Mündungsgeschwindigkeit;

v_α = Anfangsgeschwindigkeit nach dem Durchschreiten der relevanten Atmosphäre (in bezug auf die Durchschießung der Luftschicht ist dies die Endgeschwindigkeit);

$q = \frac{v_m}{v_\alpha}$ = Verhältniszahl für die Geschwindigkeitsabnahme, stets größer als 1;

ζ = ein Exponent,

so erhalten wir:

---

statt $\left(1 - e^{-\frac{h}{h_e}}\right) = \left(1 - \frac{p}{p_0}\right)$

diesen Wert:

$$\left(p_m - \frac{p}{p_0}\right) = p_m\left(1 - \frac{p}{p_m}\right)$$

und somit

$$\log\frac{v_m}{v} = \frac{h_e}{\varrho_w}p_m\left(1 - e^{-\frac{h-h_m}{h_e}}\right).$$

Wenn wir ferner das v für größere Höhen untersuchen und nicht für beschränkte Werte (10, 15, 20 km), so nähert sich der Ausdruck

$$e^{-\frac{h-h_m}{h_e}} = \frac{p}{p_m} \sim 0$$

dem Wert 0, und der ganze Ausdruck erhält für eine vollzogene Durchquerung des relevanten Teiles der Atmosphäre den Wert

$$\log q = \log\frac{v_m}{v} = \frac{h_e}{\varrho_w}p_m \text{ oder}$$

$$q = e^\zeta,\ \zeta = \frac{h_e}{\varrho_w}\cdot p_m \qquad (13 \text{ u. } 14)$$

Genauer wäre zu setzen

$$v_\alpha = v_m e^{-\zeta} - \frac{2gh}{v + v_m},$$

was natürlich auch nur eine Annäherung ist, siehe Schlußbemerkung.

b) Für schrägen Schuß wird

$$ds = \frac{dh}{\sin\alpha} \text{ und daher}$$

$$(14') \qquad \zeta = \frac{h_e\cdot p_m}{\varrho_w\cdot\sin\alpha}.$$

Schlußbemerkung. Ich sehe aber von der Berücksichtigung der Gravitation in der Tabelle vollkommen ab, und zwar:

1. weil dies bei diesen hohen Geschwindigkeitswerten sehr wenig ausmacht, z. B. für Höhe 31 km ab Höhe 6 km für $v_m = 13$ km/sek und $q = 1\cdot 20$ bloß $\frac{21 \text{ m/sek}}{2600 \text{ m/sek}} = \frac{1}{124}$, also kaum 1%, wir hätten also statt $q = 1\cdot 200$ die Ziffer $q = 1\cdot 2016$ zu setzen.

2. Wird die Verzögerung durch den Luftwiderstand im Verlauf des Aufstieges durch die Schwerkraft kleiner, als sie in die Rechnung eingesetzt wurde, was die Vernachlässigung vermindert oder aufhebt.

3. Interessieren uns Verzögerungen durch die Gravitation im allgemeinen überhaupt nicht, da wir ja dabei an potentieller Energie ebensoviel gewinnen, als wir an kinetischer Energie verlieren (siehe Abb. 63, $En_k + En_p = En_0$).

(13) $$q = \frac{v_m}{v_a} = e^{\zeta}\ ^{1)}, \text{ worin}$$

(14) $$\zeta = \frac{h_e \cdot p_m}{\varrho_\omega \cdot \sin\alpha}\ ^{2)}.$$

p_m = Luftdruck in Atmosphären in der Mündungshöhe des Geschützes, hier etwa 0,5 Atm. für 6 km Meereshöhe;

h_e = die Höhe, für welche der Luftdruck um den Faktor 2·72 abgenommen hat (diese Höhe beträgt in den unteren Luftschichten 7,2 km, in den hohen Luftschichten 6,3 km; ich habe den Wert mit 7 km als unseren Mittelwert angesetzt [3]).

ϱ_ω = ein Krümmungsradius und eine Kennziffer für ein bestimmtes Projektil [4]). Wenn wir den Wert ϱ_ω eines Projektils kennen, kann man seine Zustandsgleichungen re-

---

[1]) $e = 2 \cdot 72$ ist die Basis des „natürlichen Logarithmensystems"; diese Zahl entspricht 100 „harmonisch gezählten Prozenten". Das ist so zu verstehen: Wenn ich z. B. von 100 bis 200 die gewöhnlichen Prozente abzähle, so ergeben sich 100 „gewöhnliche" Prozente, alle von der gleichbleibenden, ursprünglichen Basis 100 ausgehend gezählt. Wenn ich aber harmonische Prozente zähle, so müßte ich so zählen: Anfangs 100, 101, 102 usw., dann 150, 151·5, 153 usw., endlich 196, 198, 200; zu dieser harmonischen Zählung, die immer von der vorhandenen (150, 196) und nicht von der ursprünglichen Basis (100) ausgehend 1 % dazu zählt, braucht man begreiflicherweise nicht 100, sondern weniger als 100, und zwar 69 solcher harmonisch gezählter Prozente, um von 100 bis 200 zu gelangen. Wenn ich aber andererseits bis 100 harmonische Prozente weiterzähle, so muß diese Zahl begreiflicherweise größer sein als 200. Sie beträgt (ab 100 gezählt) 272, also ab 1 gezählt 2·72. Deshalb habe ich oben gesagt, daß der natürliche Logarithmus „harmonisch gezählten Prozenten" entspricht. (Logarithmus naturalis von 2 ist also 0·69 (oder 69 harmonisch gezählte Prozente) und log nat 2·72 = 1·00 (oder 100 harmonisch gezählte Prozente).

[2]) Noch einfacher kann man statt Formel 13 und 14 schreiben:

$$\frac{v_m}{v_a} = q = \text{numlog} \frac{h_e\, p_m}{\varrho_\omega \cdot \sin\alpha}$$

(lies: ku gleich Numeruslogarithmus ...), wobei „numlog" jene Zahl bedeutet, die als Basis zur Zahl ζ als log gehört, analog $x = \arcsin y$ und $y = \sin x$; also $q = e^{\zeta} = \text{numlog}\ \zeta$.

[3]) Der Luftdruck nimmt in den unteren Schichten um den Quotienten 10 ab auf 16,5 km Höhe, in den oberen auf 14,5 km, und erst in den äußersten Regionen (etwa von 55 oder 60 km an) steigt diese Stufenhöhe allmählich bis auf ca. 200 km, da sich hier nach Arrhenius das mittlere Molekulargewicht von 29 (Luft) auf 2 (Wasserstoff) herabsenkt.

[4]) Lies Ro Omega.

lativ einfach ermitteln. Dieses ϱ_ω ergibt sich aus folgender Beziehung:

(15) $$\varrho_\omega = \frac{v_\omega^2}{g},$$

wobei v_ω jene Geschwindigkeit ist, für welche der Luftwiderstand (für $p_0 = 1$ Atm.) ebenso groß wird, wie das Gewicht des Projektils.

Für jene „Querschnittsbelastungen“, wie sie schwere Granaten aufweisen, können sonst für die Kaliber 15—40 cm (Durchmesser) für ϱ_ω Werte von zirka 10—40 km angenommen werden.

Hier aber gelten (für ähnlich schwere Projektile) dieselben Werte für ϱ_ω, wie für Unterschallgeschwindigkeit, da für diese extrem hohen Werte der Geschwindigkeit — in der Größenordnung von 10 km/sek — der „Sog“, das ist das Vakuum hinter dem Projektil, keine Rolle mehr spielt. Somit sind hier die in der Tabelle II angegebenen Werte von $\emptyset$ cm und von ϱ_ω km als korrespondierende Werte einzusetzen.

Wir erhalten demnach die uns interessierenden Werte von $q = \frac{v_m}{v_\alpha}$ wie folgt:

Tabelle IIa
(für den lotrechten Schuß für eine Mündungshöhe $h_m = 6$ km)[1].

für v_ω	380	440	540	700	830	m/sek
wird $\emptyset$	10	12·5	17·5	26	32	cm
und ϱ_ω	15	20	30	50	70	km
$\zeta = \log q$	·228	·174	·113	·068	·049	$\zeta = \frac{h_e}{\varrho_\omega} \cdot p_m$
und $q = \frac{v_m}{v_\alpha}$	1·245	1·19	1·12	1·07	1·05	$q = \text{num} \log \zeta$
v_m	14·3	13·7	12·9	12·3	12·1	km/sek für $v_\alpha = 11·5$
Energieverhältnis Q_{En}	1,60	1,42	1,26	1,14	1,10	$Q_{En} = q^2$

[1]) Z. B. eingelassen in den Gipfel des Kilimandscharo oder Chimborasso, die auch beide sehr nahe dem Äquator liegen.

Tabelle IIb
(für schrägen Schuß mit $\alpha = 30^0$ und $h_m = 6$ km).

für v^ω	440	540	700	830	1000	m/sek
wird $d\,\varnothing$	12·5	17·5	26	32	42	cm
und ϱ_ω	20	30	50	70	100	km
$\varrho_\omega \cdot \sin\alpha$	10	15	25	35	50	km
$\zeta = \log q$	·342	·228	·137	·098	·068	$\zeta = \frac{h_e}{\varrho_\omega} \cdot p_m$
$q = \frac{v_m}{v_\alpha}$	1·408	1·245	1·147	1·103	1·07	$q = \text{num} \log \zeta$
v_m	16·2	14·3	13·2	12·7	12·3	km/sek für $v_\alpha = 11 \cdot 5$
Energieverhältnis Q_{En}	1·98	1·55	1·31	1·22	1·146	$Q_{En} = q^2$

In der Tabelle IIa sind die Werte für $q = \frac{v_m}{v_\alpha}$ und v_m für ϱ_ω von 15—70 km für einen lotrechten Schuß angegeben.

In Tabelle IIb dieselben Werte für einen Neigungswinkel von $30^0 = \alpha$; aus der Formel ζ sehen wir, daß hier für ϱ_ω ein Wert $\varrho_\omega \cdot \sin\alpha$ zu setzen ist. Für $\alpha = 30^0$ und $\sin\alpha = 0{,}5$ erhalten wir daher die Werte wie in der Tabelle angegeben.

Die hier erhaltenen Werte sind zwar nur Näherungswerte, sie sind jedoch für eine grundsätzliche Orientierung hinreichend exakt.

Da wir nun die Erfordernisse festgestellt haben, können wir untersuchen, in welcher Weise es gelingen könnte, zu diesen Geschwindigkeiten zu gelangen, und zwar:

für den lotrechten Schuß v_m 12—13 km/sek und

für den schrägen Schuß v_m 12,5—15 km/sek.

Dies für eine Mündungshöhe von 6 km und Kaliber von ca. 20—30 cm.

Nachdem wir nun die energetischen und ballistischen Erfordernisse mit Orientierungsziffern belegt haben, können wir daran gehen, die einzelnen anderen Systeme, die angeblich außer der Rakete in Betracht kommen, um das Schwerbereich der Erde zu verlassen, genauer zu überprüfen.

III. Teil

Untersuchung der Jules-Verneschen Methode

Dieselbe ist aus drei Gründen unverwendbar: 1. müßte man, um aus der relevanten Atmosphäre mit $v_a = 11{,}2$ bis 11,5 km/sek herauszukommen, wie wir gesehen haben, eine noch höhere Mündungsgeschwindigkeit, und zwar 12—13 km/sek in Anwendung bringen, selbst wenn die Mündung 6000 m über dem Meeresspiegel liegt.

Bei der Rakete ist die Überwindung der Atmosphäre viel günstiger, denn hier wird die Lufthülle mit nur mäßiger Geschwindigkeit durchmessen, und erst dann werden höhere Geschwindigkeiten entwickelt. In dieser Hinsicht ist also die Jules-Vernesche Methode unrationell.

2. Könnte kein feiner Meßapparat, geschweige denn ein Mensch, so hohe Werte der Beschleunigung aushalten, wie wir sie hier antreffen. Wir werden die Werte für die Beschleunigung mit 15000 bis 30000 m/sek finden, das ist also 1500 bis 3000mal so groß als die terrestrische Beschleunigung.

Ein Mensch von 75 kg Gewicht würde also bei dieser Beschleunigung mit einer Trägheitskraft (vielfach auch Andruck genannt) von ca. 110 bis 220 Tonnen auf seine Unterlage drücken.

Nachdem aber also kein Apparat und kein Mensch die Reise mit einem solchen Projektil unbeschädigt mitmachen könnte, so ist vorliegende Methode überhaupt gar nicht anstrebenswert.

3. Wäre diese Methode aber technisch unmöglich, wie sich bald rechnerisch ergeben wird.

Um für diesen Fall die Rohrlänge berechnen zu können, müssen wir den Pulverdruck, der noch bei diesen Geschwindigkeiten wirksam ist, einschätzen. Voraussetzungen: Rohrmündung 6 km über Meereshöhe, Kanonenrohr in lotrechter oder fast lotrechter Lage in einem entsprechenden Schacht, im Geschützrohr selbst Vakuum z. B. mit gewölbter Blechplatte als Abschluß, welche Platte vor dem Ankommen des Projektils vom letzten, dann schon verdichteten Luftrest seitlich weggestoßen wird; ferner: kontinuierliche Explosion von seitlichen Pulverkammern in der Rohrwand (siehe Abb. 65), die beim Passieren des Geschosses entzündet werden, so daß nicht die Gase von der unteren Pulverkammer aus nachstürzen müssen.

Außerdem ein Sprengstoffmagazin am rückwärtigen Teil des Geschosses, das wie bei Raketen zur kontinuierlichen Explosion gebracht wird. Voraussetzung ferner, daß ein mittlerer Pulverdruck von 1500 atm, der auf die Rückseite des Projektils wirkt, erzielbar wäre. (Dies gegenüber 3000 atm gewöhnlichem mittleren Pulverdruck.) Von dieser Voraussetzung ist es am allerunwahrscheinlichsten, daß sie erfüllbar sein sollte. Nach den Gesetzen der Energetik könnte die Geschwindigkeit der Pulvergase keinesfalls den Wert von ca. 3000 m/sek überschreiten, womit ein Nachstürzen der Gase bei Geschoßgeschwindigkeiten, die diesen Wert überschreiten, unmöglich wäre. Es müßte denn nur sein, daß das System der kontinuierlich angesetzten Explosionskammern in Verbindung mit der raketenartigen Konstruktion des Geschosses, welche es erübrigt, daß das Geschoß nur von nachstürzenden Gasen getrieben werde, diese Schwierigkeiten beseitigt.

Wenn wir nun ein mittleres Geschoßgewicht (meist genannt Querschnittsbelastung) von 0,5 bis 1 kg pro cm² annehmen, erhalten wir folgenden Wert für die Beschleunigung γ, welche von den Pulvergasen auf das Projektil ausgeübt wird

$$\gamma = \frac{\text{Kraft}}{\text{Masse}} = \frac{1500}{(0{\cdot}5 \text{ bis } 1{\cdot}0)\,\frac{1}{g}} = 15000 \text{ bis } 30000 \text{ m/sek.}$$

Daraus ergibt sich die Schußzeit τ_s [1] aus

$$\tau_s = \frac{v_m}{\gamma} = \frac{12000}{15000} \text{ bis } \frac{13000}{30000} = 0{,}43 \text{ bis } 0{,}8 \text{ sek und}$$

$$L = \frac{v_m}{2} \cdot \tau_s = 6{\cdot}5 \times (0{\cdot}4 \text{ bis } 0{\cdot}8) = 3 \text{ bis } 5 \text{ km.}$$

Das Rohr müßte also unter obigen geradezu phantastisch günstigen Annahmen eine Länge von rund 3—5 km haben [2].

Der Aufwand für ein solches Geschütz für einen Schuß zum Mond wäre also ein enorm großer. Schon die diesbezüglichen Experimente

---

[1]) Die Schußzeit τ_s ist die Zeitspanne, während welcher sich das Projektil im Rohr bewegt.

[2]) Die hier angegebenen Ziffern sind viel zu niedrig, weil die raketenartige Patrone am rückwärtigen Teil der Granate ungleich größere Dimensionen als in der Zeichnung aufweisen müßte (um mindestens ¼ der erforderlichen Explosionsgase zu erzeugen). Es lohnt sich indessen nicht, diesen Wert genauer anzugeben und zu ermitteln, da diese Methode ohnehin unverwendbar und unmöglich ist.

über den erzielbaren mittleren Pulverdruck wären nur für Rohrlängen von mindestens 1000 m Länge halbwegs zuverlässig und daher enorm kostspielig. Das praktische Ergebnis des Ganzen aber wäre gleich Null, da eine solche Granate nicht einmal imstande wäre, auch nur einen Registrierapparat unbeschädigt zu transportieren. Wer sollte also die Kosten eines solchen nutzlosen Projektes auf sich nehmen? Es wird sich wohl kaum jemand dazu bereit finden.

IV. Teil

Das Solenoid-Geschütz oder das elektromagnetische Projektil

Im günstigsten Fall könnte man ein Projektil (siehe Abb. 66) aus einander abwechselndem magnetischem und nichtmagnetischem Material herstellen. Die Wandung des Geschützes müßte aus zwei Scharen von Elektromagneten, Schar 1 und Schar 2, bestehen, deren Erregung stets der Schar von Eisenscheiben im Projektil voraneilt, so daß diese stets in der Richtung nach oben angezogen wird. Die Stromschaltung müßte stets nur an der Stelle stattfinden, wo sich das Projektil eben befindet.

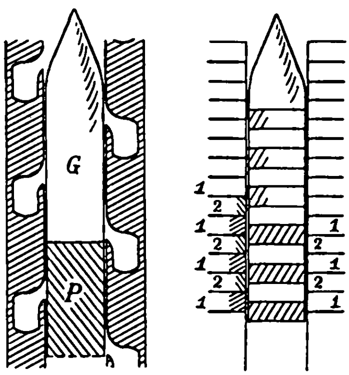


Abb. 65 und 66.
Granate und Solenoidprojektil.

Auch bei günstigster Anordnung dürfte eine Kraft von mehr als 100 kg pro Zentimeter Umfangslänge nicht erzielbar sein.

Dies ergibt für ein Kaliber von 30 bis 40 cm Durchmesser eine Kraft von $P = 10\,000$ kg maximal für ein Projektilgewicht von ca. 500 kg, also eine Masse von $M = \frac{500 \text{ kg}}{9{,}81} =$ ca. 50 kg Masse und somit eine Beschleunigung $\gamma = \frac{P}{M} = \frac{10\,000}{50} = 200$ m/sek², die also nicht im entferntesten an die Beschleunigung durch den Pulverdruck heranreicht, für die Benutzbarkeit des Geschosses durch Menschen andererseits aber doch zu groß ist. Die Schußzeit

$$\tau_s = \frac{v_m}{\gamma} = \frac{12\,000}{200} = 60 \text{ sek},$$

und für die Rohrlänge R erhielten wir den ganz respektablen Wert von

$$R = \frac{v_m}{2}\,\tau_s = 6\ \text{km/sek} \cdot 60\ \text{sek} = 360\ \text{km}.$$

Dies ist also ein womöglich noch ungangbarerer Weg, als es der erste war.

V. Teil

Der Drouetsche „Rohrposttunnelplan“ [1]

Nun hat sich ferner eine Gruppe von Leuten zusammengefunden (Mas, Drouet, Greffigny usw.), welche die erforderlichen hohen Geschwindigkeiten in der Weise zu erzielen hoffen, daß auf einer sehr langen Bahn dem kosmischen Projektil eine derartig mäßige Beschleunigung erteilt werden soll, daß diese von Apparaten oder sogar von Menschen ohne Schaden ertragen werden kann.

Aber auch diese Methode ist absolut ungangbar, wie sich bei genauerer Untersuchung sofort herausstellen wird.

1. Unter der Voraussetzung, daß ein Mensch durch einige Zeit die 10fache Erdbeschleunigung unbeschädigt ertragen könnte, wollen wir die Erfordernisse für diese Methode ermitteln [2]. Dann wäre für $\gamma = 10\,g \sim 100\ \text{m/sek}^2$ und $v_m = 14\ \text{km/sek}$ (schräger Schuß, siehe Tab. IIb), und so hätten wir eine Schußzeit von $\tau_s = \frac{14\,000}{100} \sim$ 140 sek und eine Beschleunigungsbahn $L = \frac{v_m}{2}\,\tau_s = 7\ \text{km} \times 140\ \text{sek} \sim$ 1 000 km.

Mit einer annähernd ähnlich langen Bahnstrecke diese Idee zu realisieren, ist selbstredend von vornherein höchst unrationell.

Gesetzt aber den Fall, wir geben es auf das hinauf noch nicht auf, eine solche Strecke als gerade Bahnstrecke von solcher Länge zu bauen, so müssen wir aber zu Ende der Bahn doch eine

---

[1] Sowohl beim Verneschen als auch beim Drouetschen Plan habe ich mich nicht exakt an das tatsächlich Vorliegende gehalten, sondern es wurde die bestmögliche Durchführungsform, die man der Sache überhaupt unter Einhaltung des Grundprinzips geben könnte, der kritischen Besprechung zugrunde gelegt.

[2] Diese Annahme ist natürlich viel zu hoch gegriffen, für die Rakete wird bloß $\gamma \sim 2$ bis $4\,g_0$ gewählt.

Krümmung einfügen, um mit einem Winkel von mindestens 2° bis 30° abzukommen.

2. Wir wollen nun einerseits den Minimalbetrag untersuchen, der für den Krümmungsradius gewählt werden müßte, damit die Beschleunigung durch die Fliehkraft den oben angegebenen Wert nicht übersteige.

Somit erhalten wir aus der Formel

$$\gamma_F = 100 = \frac{v^2}{\varrho} \quad \text{und} \quad \varrho = \frac{v^2}{\gamma_F}$$

und also für verschiedene Etappen:

$$v = 5, \quad 7, \quad 10, \quad 13 \text{ km/sek}$$
$$\varrho = 250, \ 490, \ 1000, \ 1690 \text{ km.}$$

Im Endstück müßte also der Krümmungsradius den Wert von 1700 km erhalten, und wenn wir aber einen richtigen Wert der Maximalbeschleunigung von $\gamma = 50$ einsetzen wollen, hätten wir für die Endkurve $\varrho_{\min} = 3400$ km.

3. In der Endkurve ist ferner eine aufsteigende Krümmung kaum vermeidlich, um mit einem Winkel α durch die Atmosphäre zu kommen. Wir ermitteln nun α aus dem Minimalwert für den Krümmungsradius aus der Formel (siehe Abb. 67)

$$h = \varrho\,(1 - \cos\alpha)$$
$$\frac{h}{\varrho} = 1 - \cos\alpha = 2\sin^2\frac{\alpha}{2}$$
$$\text{und } \sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{h}{2\varrho}}$$

$$\text{also } \frac{4 \text{ km}}{6800 \text{ km}} = \frac{1}{1700}$$
$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{0{\cdot}00059}$$
$$\alpha = 2^\circ 46{\cdot}5'$$

Aus der Tabelle IIb können wir aber ersehen, daß ein derartig kleiner Startwinkel von also $2^3/_4$ Grad nur mittels äußerst groß und schwer dimensionierter Projektile zu bewältigen möglich wäre, ein Erfordernis, das übrigens ohnehin nicht zu umgehen wäre.

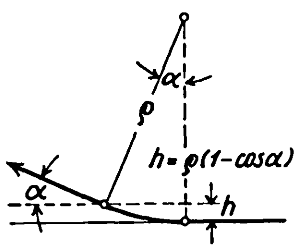


Abb. 67.

3a. Es dürfte nämlich die Verzögerung durch den Luftwiderstand ebenfalls nicht unsern Maximalbetrag für die geweckten Trägheitskräfte von 10 bzw. $5\,g_0$ überschreiten, was nur bei enormer Dimensionierung erreichbar ist.

Die Querschnittsbelastung (Ziffer des Projektilgewichtes) müßte wegen dieser beiden Forderungen zirka 100—150 kg/cm² betragen (Oberth) (wegen Überwindung der Luftschicht bei Winkel $2^3/_4$ Grad und Vermeidung zu hohen Andrucks durch den Luftwiderstand)[1].

4. Um den enorm hohen Luftwiderstand auf der Beschleunigungsstrecke zu vermeiden, müßte die ganze Fahrbahn als Vakuumstrecke ausgestattet sein, was bei einer Strecke von 1000—2000 km Länge wohl sehr schwierig und kostspielig wäre.

5. An eine ringförmige Ausgestaltung dieser kostspieligen Vakuumstrecke ist aber deshalb nicht zu denken, weil einerseits eine mehrmalige, kreisende Benutzung der Ringstrecke wegen der Forderung der Ausstattung der Bahnstrecke als Vakuumstrecke unvereinbar wäre, und weil zweitens die erforderlichen Minimalbeträge für die Radien mit der erreichten Geschwindigkeit stets anwachsen.

6. Die Unmöglichkeit der geeigneten Auflagerunterstützung dieses Projektiles.

Wie soll sich nun dieses Projektil auf seiner, wenn auch geradlinigen Bahnstrecke bewegen?

Die Verwendung von Rädern ist total ausgeschlossen, weil deren Umfang ja unsere hohen Geschwindigkeiten als Umlaufsgeschwindigkeiten mitmachen müßten.

Diese Räder müßten also längst vor Erreichung der Endgeschwindigkeit durch die Fliehkraft „explodieren“.

Wie man weiß, muß doch schon bereits für die Rotoren von Dampf- und Gasturbinen nachgerechnet bzw. konstruktiv berücksichtigt werden, daß sie der Fliehkraft standzuhalten vermögen, und da kommen doch kaum wohl Geschwindigkeiten von der Größenordnung von 500 m/sek vor!

Das Projektil aber durch Reibung in der primitiven Schlittenform auf seiner Unterlage gleiten zu lassen, dürfte selbst dann undurchführbar sein, wenn sich jemand fände, der unsere bereits genug kostspielige Vakuumbahn mit einer Eisfläche auszustatten bereit wäre.

7. Auch wenn wir gesonnen wären, allen bisher vorgefundenen Anforderungen unter Aufwendung geradezu ungeheuerlicher

---

[1]) In diesem Fall würde aber bei diesen flachen Abgangswinkeln die Erwärmung durch den Luftwiderstand wieder eine wesentliche Rolle, ja eine weitere Ursache der Unmöglichkeit werden.

Mittel, etwa durch Bau eines geradlinigen Präzisionstunnels von mindestens 2000 km Länge zu erfüllen, so erscheint es mehr als fraglich, ob nicht durch Spuren von Klemmungen oder Klemmungstendenzen bei der Bewegung des Projektils — oder andererseits durch Ungenauigkeiten in der Baulinie (durch technische Mangelhaftigkeiten) — Erschütterungen auftreten würden, welche geradezu katastrophal wirken und die von uns gesetzten Maximalbeträge für die Trägheitskräfte (Andruck) um ein Hundertfaches und darüber übersteigen würden.

8. Nach allem bisher Gesagten erübrigt es sich, zu untersuchen, ob wir überhaupt imstande wären, die gewünschte kleine aber konstante Beschleunigung zu erteilen.

Der **Drouetsche Tunnelplan für Fernprojektile.** Nun bleibt noch zu untersuchen, ob diese Methode nicht geeignet wäre, um z. B. Post, die ja schon größere Trägheitskräfte (Beschleunigung oder Andruck) und stärkere Erschütterungen ausschaltet, durch Fernprojektile zu befördern. Hier hätten wir mit einem Bedarf von $v_a \sim 5$—7 km und also von $v_m \sim 6$—9 km zu rechnen.

Für eine Beschleunigung

$$\gamma \sim 30\text{—}50\, g_0 \sim 300\text{—}500 \text{ m/sek}^2$$

ergäbe sich eine Rohrlänge von rund

$$R \sim \mathbf{50\text{—}100 \text{ km}}.$$

Der zulässige Krümmungsradius in der Endkurve wäre

$$\varrho_b \sim \frac{v^2}{\gamma} = \frac{49\text{—}81}{0{,}3-0{,}5} \sim 100\text{—}300 \text{ km} \sim \mathbf{200 \text{ km}},$$

und der zulässige Abgangswinkel ergäbe sich aus

$$(1 - \cos a) = \frac{h}{\varrho} = \frac{2\text{—}3 \text{ km}}{200 \text{ km}} \sim 0{,}01,$$

woraus sich $\cos a \sim 0{,}99$ und $a \sim 8^0$ oder $\mathbf{14^0/_0}$ Steigung ergibt.

1. Dieses Rohr wäre nun freilich durchführbar, aber einerseits. enorm kostspielig, und es bliebe dabei, wie schon mehrmals gesagt, die Einhaltbarkeit einer halbwegs konstanten Beschleunigung eine sehr fragliche Sache.

Die Sache bleibt aber noch wegen folgender weiterer Schwierigkeiten unverwendbar:

2. Man hat nicht überall Berge von 2 bis 3 km Höhe zur Verfügung, auch wäre

3. die Verwendbarkeit dieses Rohres für das Fernprojektil höchst unrationell, da dieser Starttunnel an einen festen Ort gebunden und überdies unschwenkbar wäre.

4. Die Durchführung der Landung dieses Fernprojektiles wäre auch noch ein besonderes Problem für sich und könnte kaum ohne Benutzung des Raketenprinzips gelöst werden.

VI. Teil.

Die „Elektronenrakete" Ulinskis

1. Beschreibung

Die Beschreibung derselben ist wörtlich einem diesbezüglichen Aufsatz von Max Valier in der Zeitschrift „Die Rakete" entnommen.

„Der Erfinder Franz von Ulinski will damit das Grundübel des enormen Triebstoffverbrauches, der bei allen mit Explosivstoff angetriebenen Raumschiffen besteht, dadurch bekämpfen, daß er sein Schiff von jedem Treibstoffverbrauch vollkommen unabhängig macht, indem er die strahlende Energie der Sonne heranzieht, um das Fahrzeug von Stern zu Stern zu treiben."

„Der Gedankengang Ulinskis ist kurz der folgende (vgl. Abb. 68): Eine ringförmig um den ganzen Schiffskörper herum angeordnete Segmentflächenkonstruktion aus Thermoelementen hat den Zweck, die Sonnenstrahlung aufzufangen und nach dem von Edison entdeckten und 1926 veröffentlichten Effekt in elektrische Energie umzuwandeln. Die so gewonnene elektromotorische Kraft wird dann benutzt, um die Bewegung des Schiffes zu bewirken, und zwar auf eine verschiedene Weise, je nachdem es sich um eine Fahrt in den Luftschichten eines Planeten oder eine Reise durch den als Vakuum anzusprechenden Weltenraum handelt.

Im ersten Falle dient die entsprechend umgeformte, elektrische Energie dazu, den Turbokompressor des ‚Düsenreaktionsgerätes' zu betreiben, im zweiten, die ‚Elektronen-Ejektoren' in Betrieb zu setzen.

Das ‚Düsenreaktionsgerät' besteht im wesentlichen aus einem Kessel, in welchen von oben eine Hochdruckgasleitung durch eine sich erweiternde Düse hineinführt, während von unten ein zweites Niederdruckgasrohr zum Turbokompressor führt, der die Aufgabe hat, das aus der Düse ausgepuffte, in den großen Kessel entspannte Gas wieder auf den ursprünglichen Hochdruck zu komprimieren und durch die Hochdruckgasleitung neuerdings der Düse zuzuführen. So entsteht ein Kreisprozeß, der durch die unter Ent-

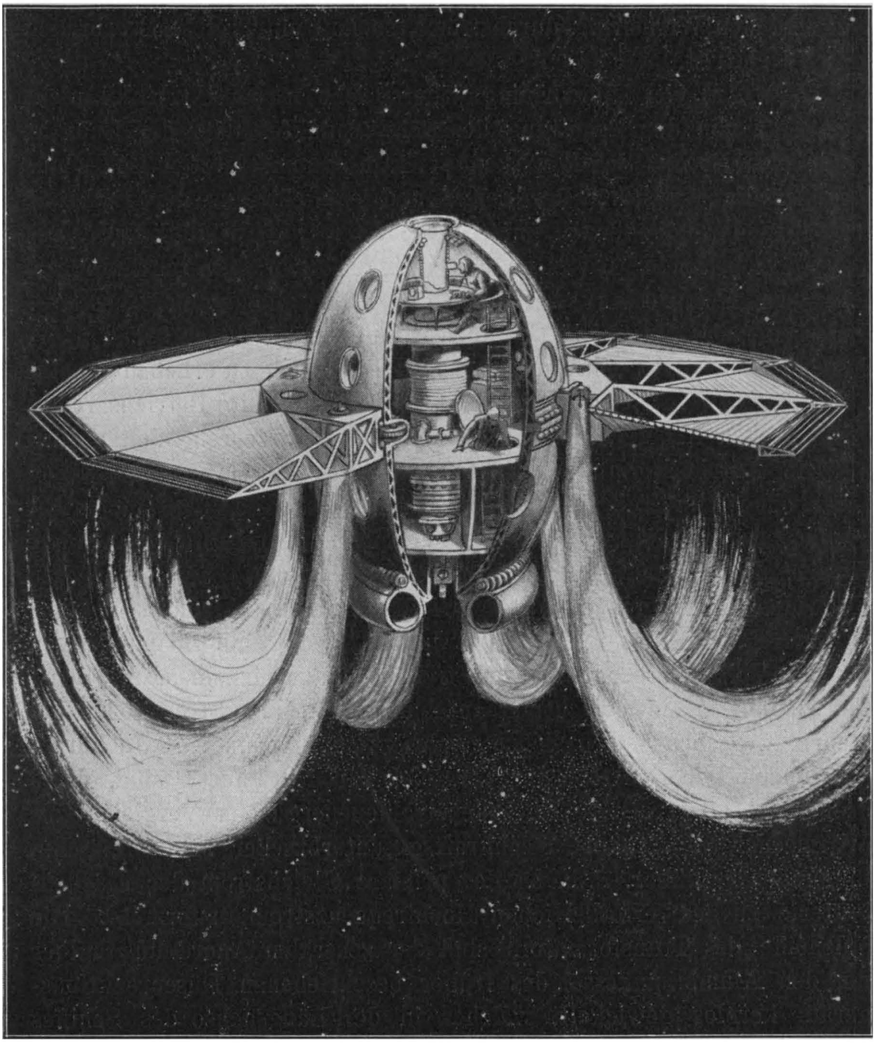


Abb. 68.
Die Elektronenrakete Franz Abdon Ulinskis [1]).

---

[1]) Entnommen aus der Zeitschrift „Die **R a k e t e**", dem Organ des Vereins für Raumschiffahrt E. V. Breslau vom 15. 9. 27.

spannung vor sich gehende Gasausströmung aus der Düse eine Hubkraft erzeugt, genau wie bei einer ins Freie abbrennenden Rakete, bloß mit dem Unterschiede, daß hier ein und dieselbe Gasmenge dauernd den Wirbelring durchströmt, so daß ein Treibstoffverbrauch nicht eintritt.

Diese Art von Hubwirkung widerspricht nach Ulinski nicht dem Satz von der Erhaltung des Schwerpunktes oder der Energie, denn die auf das Schiff wirkende Kraft stammt letzten Endes aus der Strahlungsleistung der Sonne und entsteht aus der Differenz zwischen der hohen nach unten gerichteten Geschwindigkeit des aus der Düse puffenden Gases zu der geringen Aufwärtsgeschwindigkeit des vom Kompressor wieder in die Düse gepumpten Gases. — Indessen mag hierfür die Verantwortung dem Erfinder selbst überlassen bleiben. Der Einwand, den man hier noch zu erheben geneigt sein könnte, trifft jedenfalls nicht zu für die zweite Betriebsart des Ulinskischen Ätherschiffes bei seiner Fahrt im leeren Weltenraum.

Die Antriebsform entspricht nämlich in diesem zweiten Falle ganz einer ins Freie hinaus abbrennenden Rakete, bloß daß nicht Explosionsgase einer chemischen Verbindung ausgestoßen werden, sondern Elektronen, die durch elektrische Energie aus geeigneten Kathoden mit ungeheurer Geschwindigkeit abgeschleudert werden.

Zum Betrieb des Ejektors ist nach Ulinski eine Spannung von 250000 Volt erforderlich. Der Strom soll aus einzelnen, möglichst kurzen und in einer Richtung aufeinanderfolgenden Stromstößen bestehen, zwischen denen sich stromlose Pausen befinden. Je kürzer die einzelnen Stromstöße im Vergleich zu den Pausen sind, desto größer ist die erzeugte Kathodenstrahlenenergie im Vergleich zur Wärmeenergie. Mittels Fliehkraftsgasunterbrecher sind diese Bedingungen erfüllbar, d. h. ist der primäre Gleichstrom der Flächenbatterie zu dem erforderlichen Hochfrequenzstrom umformbar. Die Solenoide des Transformators sind der zentralen Anordnung halber um den Aluminiumkessel des früher beschriebenen Düsenreaktionsgeräts kernlos gewickelt, welches in der Längsachse des Schiffes angeordnet ist. Hierdurch wird ein mächtiges Magnetfeld des Schiffskörpers erzeugt, dem dann die von den Ejektoren ausgesandten Kathodenstrahlen folgen.

Die Ejektoren selbst, die ringförmig um den Gürtel des Schiffes angeordnet sind, bestehen aus drei Teilen. Die Glühkathode ragt in ein Solenoid hinein und wird durch besonderen Heizstrom zum Glühen gebracht. Das Solenoid erzeugt durch eine zweite Batterie ein elektromagnetisches Kraftfeld. Legt man zwischen beide eine Spannung an, so ordnen sich die von der Glühkathode ausgesandten Elektronen nach den Kraftlinien des Anodensolenoides und gelangen so in den Hauptentladungsteil des Systems, an die Hauptkathode. Zwischen dieser und der Anode liegt nun die für die Hauptentladung nötige Spannung von 250 000 Volt, welche die aus der mit Bariumamalgam gefüllten Wolframspirale austretenden Elektronen stark beschleunigt, neue Elektronen entstehen läßt und so eine Kathodenstrahlung von großer Dichte und Geschwindigkeit erzeugt.“ —

2. Besprechung des Projektes

Vorliegende Konstruktion scheint eine merkwürdige und nicht ganz logische Verquickung verschiedener Entwicklungsstadien der Ideen des obgenannten Projektenmachers zu sein.

Z. B. das „Düsenreaktionsgerät“ soll angeblich nur dann in Benutzung stehen, solange sich die Rakete in der Atmosphäre befindet. Nun ist aber nicht einzusehen, wozu der Turbokompressor die Luft aus dem schweren Kessel („Windbeutel“) entnehmen soll, wenn er diese Luft so schön bequem daneben auch haben kann! — andererseits ist ebensowenig einzusehen, wozu die „Elektronen-Ejektoren“ angefügt wurden, wenn das Reaktionsgerät überhaupt funktioniert.

Nach diesen kleinen Gedankensplittern wollen wir uns die Sache noch etwas genauer, und zwar ganz systematisch ansehen[1]).

[1]) Man könnte mir den Vorwurf machen, daß ich zuviel Platz und Worte an eine Sache aufwende, von der es ja von vornherein einzusehen ist, daß es sich dabei um einen perfekten Nonsens handelt.

Ich muß mich aber dahin rechtfertigen, daß es einerseits in der Natur des vorliegenden Kapitels gelegen ist, die „ungangbaren Wege“ eingehend zu besprechen und die vollständige Unhaltbarkeit ihrer Verwendungseignung sachlich zu beweisen und klarzulegen, ja dieselben womöglich endgültig abzutun.

Außerdem kommt hier noch ein anderes Moment hinzu. Es ist für die „ernsten Raketenleute“ notwendig, streng darauf zu achten, daß derartige „Windbeuteleien“ als das bezeichnet werden, was sie sind, und sachlich eingehend, ja erschöpfend widerlegt werden, weil der Mißbrauch, der von verschiedenen Projektemachern mit den Bestrebungen zur Realisierung der Rakete

Ich will nun zuerst einmal die

„Sonnenkraftanlage“

etwas genauer untersuchen, und zwar will ich dabei so zu Werke gehen, als ob das „Düsenreaktionsgerät“ vollwertig wäre, als ob dasselbe also denselben Impuls gäbe, wie wenn der Umhüllungskessel gar nicht da wäre, als ob also, wie ich oben vorgeschlagen habe, die Pumpen einfach aus der Luft schöpften, in der sich das Aggregat ohnedies noch befindet.

Eine kleine, niedliche Kontrollrechnung soll uns hier schnell Aufklärung bringen.

Ich mache dabei die entgegenkommende Annahme, daß sowohl die „Turbokompressoren“ als auch die Düse und die Sonnenkraftanlage selbst vollkommen verlustlos arbeiten und daß außerdem die Sonnenstrahlen senkrecht zu den Arbeitsflächen der Sonnenkraftanlage auftreffen und überdies mit dem vollen Energiewert einwirken, was bekanntlich nur außerhalb, nie aber innerhalb der Atmosphäre der Fall ist.

Wir brauchen nun, um das Aggregat ohne freie oder überschüssige Beschleunigung auch nur schwebend zu erhalten, folgende Werte:

Ich nehme nun ein Gewicht $M = 15000$ kg für das vorliegende Aggregat an, sowie eine Spannung von $p_a = 10$ Atm., welche die Kompressoren erzielen. Außerdem eine Lufttemperatur $t = 15^0$ C, $= 288^0$ absolut und eine Temperatur der komprimierten Luft von $t_a = 277^0 = 550^0$ absolut.

(wissentlich oder unwissentlich) getrieben wird, eine große Gefahr und eine unerträgliche Belastung für die ernsten Bestrebungen bedeutet.

Diese Gefahr und diese unerträgliche Belastung liegen nun darin, daß durch derartige Projekte, wenn sie, wie es oft geschieht, mit großem „Tamtam“ in den Zeitungen aufmarschieren — einerseits eine Zersplitterung des ohnehin sehr flauen allgemeinen Interesses an der Sache, bzw. eine Ablenkung desselben von den ernsten einschlägigen Bestrebungen stattfindet.

Andererseits kann aber dadurch auch noch eine schwere Diskreditierung der ganzen Sache vor der öffentlichen Meinung resultieren, was ganz speziell dann eintreten kann, wenn auch noch Sammlungen von Durchführungsbeiträgen usw. für derartige Hirngespinste veranstaltet werden, wobei auch noch eine Schädigung leichtgläubiger, aber nicht sachkundiger Leute zu befürchten ist.

Die ideale Ausströmungsgeschwindigkeit aus den Düsen (für verlustlose Ausströmung) ergibt sich aus meiner Formel[1]) mit

$$c_i \sim 240 \sqrt{\frac{T_\alpha}{\mu}} \sqrt{1 - \frac{T_\omega}{T_\alpha}} \sim 240 \sqrt{\frac{550}{29}(1 \cdot - 0 \cdot 524)}$$

$c_i \sim 724$ m/sek . . . .

Ferner müssen wir nun die sekundlich erforderliche Luftmenge ermitteln.

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = M \frac{g \cdot}{c_i} = 15000 \text{ kg } \frac{9 \cdot 81}{724 \cdot 0} = 203$$

oder rund **200 kg/sek.**

Die hierzu erforderliche Energie (ohne Einsetzung von Verlustziffern) ergibt nun folgende Werte[2]):

$$Eff = \frac{\Delta En}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta m}{\Delta t} v^2 = 10 \cdot 7 \times 724^2$$

$$= 5 \cdot 6 \text{ Millionen mkg pro sek}$$

$$= \mathbf{75\,000\ PS.}$$

Nachdem aber die Volleistung der Sonnenenergie bei senkrechtem Strahlungseinfall $1 \cdot 83$ PS/m² beträgt, finden wir die **erforderliche Fläche** für die **Sonnenkraftanlage** mit $41\,000$ m² oder **4·1 Hektar netto.**

Unter Berücksichtigung sämtlicher Verlustziffern wäre aber ein Wirkungsgrad von $10\,^0/_0$, höchstens von $15\,^0/_0$ einzusetzen, und wir hätten dann einen Flächenbedarf von **25** bis **40** ha.

Wieso es aber bewerkstelligt werden könnte, eine Fläche von auch **„nur“ 10 ha** als eine Art Halskrause an einer Rakete von nur 15 000 kg Gesamtgewicht anzubringen, erscheint vollständig rätselhaft.

Im bisherigen wurde untersucht, wie die Kompressoren, die Düsen und die Sonnenkraftanlage überhaupt funktionieren könnten,

---

[1]) Siehe in meiner Fußnote zum „Brennstoffkapitel“ die Formel

$$c_i \sim 240 \sqrt{\frac{T_\alpha}{\mu}} \sqrt{1 - \frac{T_\omega}{T_\alpha}},$$

worin μ das Molekulargewicht, T_α und T_ω die absoluten Temperaturen für den Anfangs- und den Endzustand für adiabatische Expansion bedeuten.

[2]) Eff = Effekt, das ist Energieleistung in der Zeiteinheit.

wenn das „Reaktionsgerät“ vollwertig wäre oder die Luft einfach aus der Atmosphäre geschöpft würde.

Dabei hat sich die Sonnenkraftanlage für diesen Verwendungsfall (in der Atmosphäre) als vollständig untauglich erwiesen, da sie auch unter uneinhaltbar günstigen Voraussetzungen (Gesamtnutzeffekt 100 %) die Größe von 4 ha für 15 t oder also von 2·7 m^2 pro kg haben müßte. Unter Einrechnung der Verluste aber selbstredend viel mehr, etwa 10 bis 20 m^2 pro kg[1]).

Wir wollen nun das

„Düsenreaktionsgerät“

etwas genauer untersuchen, und zwar ob es haltbar ist, dasselbe als vollwertig anzusehen.

Dasselbe stellt nichts anderes dar als einen Apparat, der es bewerkstelligen soll, ein Naturgesetz zu umgehen, was bekanntlich nicht möglich ist, da sich die Natur weder betrügen noch hintergehen läßt.

Das Gesetz, um das es sich hier handelt, heißt das Gesetz von der Erhaltung des Schwerpunkts bei freien Systemen.

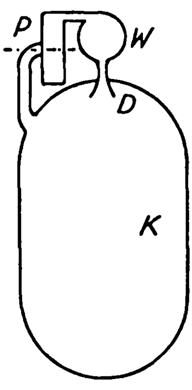


Abb. 69.
Das „Düsenreaktionsgerät“.

Man kann das Vorliegende also zwar nicht als ein „Perpetuum mobile“ bezeichnen, man müßte hier, um die Unmöglichkeit des Prinzips zu kennzeichnen, etwa von einer „reductio irreducens“ oder einem „unverringerndem Aufwand“ sprechen.

Aus der Düse soll die in den „Turbokompressoren“ verdichtete Luft mit großer Geschwindigkeit ausgestoßen werden, und dieser Impuls zur Wirkung gelangen. Gewiß wird auch der Komplex *W* und *D* (siehe Abb. 69) diesen Impuls erfahren.

Nun vergißt (?) aber der Projektant, daß dieser Luftstrom auch wieder an der Bodenwand der Hülle oder des Kessels (oder des „Windbeutels“, wie man auch sagen könnte, was aber beileibe nicht doppelsinnig gemeint ist) ankommen muß, und daß er dort ebenfalls einen Impuls ausüben muß.

---

[1]) Es erübrigt sich also vollkommen, die anderen sekundären Unzulänglichkeiten genauer zu untersuchen, wie Abhängigkeit vom Wetter in der Atmosphäre, Unmöglichkeit der Einstellung senkrecht zur Strahlenrichtung oder Unverwendbarkeit in größeren Entfernungen von der Sonne.

Wenn auch die Geschwindigkeit dieses ankommenden Gasstromes nicht so groß ist, wie die Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft aus den Düsen, so hat dies seinen Grund darin, daß eben viel Luft aus der Umgebung (dem inneren Raum der Hülle) mitgerissen wird. Dieser ankommende Luftstrom wird also eine viel größere Masse pro Sekunde haben als der ursprünglich aus der Düse ausströmende.

Je weiter ich die Bodenwand der Hülle nun von der Düse entferne, um so größer wird die Masse und um so kleiner die Geschwindigkeit des ankommenden Luftstromes sein, und der

Impuls,

für den ja das **Produkt** aus **Masse** mal **Geschwindigkeit** maßgebend ist, wird stets derselbe sein, und zwar ebenso groß wie jener, der vom ausströmenden Gasstrom auf den Komplex $D + W$ ausgeübt wird.

Es ist somit jedwede auch nur geringfügigste **Wirksamkeit**, geschweige denn die **Vollwertigkeit** des **„Düsenreaktionsgerätes“ vollkommen ausgeschlossen!**

3. Die Elektronen-Ejektoren

Eine Untersuchung der Einzelheiten der konstruktiven Anordnung werde ich vollständig übergehen und die Sache nur vom energetischen Standpunkte ausgehend prüfen.

Hierzu wird es notwendig sein, einen kleinen Exkurs in das Gebiet der allgemeinen Raketentheorie zu unternehmen, der aber nicht ohne allgemeines Interesse sein dürfte.

Ich will hierzu den Wirkungsgrad untersuchen, den man Raketen zuschreiben kann, und zwar einerseits

a) den Gesamtwirkungsgrad und
b) den momentanen Wirkungsgrad.

a) Der Gesamtwirkungsgrad

Ich will nun gleich an ein konkretes Beispiel herangehen und für eine Stufenrakete den Gesamtwirkungsgrad untersuchen und setze also:

$$\zeta = \frac{\text{lebende Kraft der Nutzlast}}{\text{aufgewendete Energie}} \quad \text{(lies: „Zeta“);}$$

$$N_2\left\{\begin{array}{ll}\text{Rakete I (Nutzlast} & N_1 = \ 1)\\ \text{Hülse} & H_1 = \ 1\\ \text{Treibstoff} & T_1 = \ 8\end{array}\right. ;$$

$$\text{Rakete II:}\left\{\begin{array}{ll}\text{Nutzlast} & N_2 = 10\\ \text{Hülse} & H_2 = 10\\ \text{Treibstoff} & T_2 = 80\end{array}\right. ;$$

für **eine** Stufe sei die erreichte Geschwindigkeit $v_s = 6400$ m/sek, so erhalten wir

$$\zeta = \frac{\frac{1}{2g}\cdot(2v_s)^2}{88\cdot 3200\,\text{Cal}\cdot 427}$$

oder allgemein für $v_s = 6400$ m/sek

$$\zeta = 1\cdot 53\left(\frac{1}{8}\cdots\frac{4}{88}\cdots\frac{9}{888}\cdots\right)$$

für 1, 2, 3 Stufen, oder also:

19·2%, 7%, 1·5%.

Kurz und gut, wir erhalten für 2 Stufen 7% und für 3 Stufen 1·5% **Wirkungsgrad**, Ziffern, welche natürlich bei günstigerer Anordnung der Rakete auch noch größer sein können.

b) Der momentane Wirkungsgrad

$$\zeta_m = \frac{\text{Leistg. des Antriebes}}{\text{Energie pro sek}} = \frac{\text{Kraft}\cdot\text{Geschw.}}{\text{En/sek}} = \frac{m'\cdot c\times v}{\frac{m'}{2}c_h^2} = \frac{2cv}{c_h^2}\ ^{1)}$$

---

[1]) Dabei ist:

$m' = \frac{\Delta_m}{\Delta_t}$ die pro sek abströmende Gasmasse,

$c =$ die tatsächliche Auspuffgeschwindigkeit,

$c_h =$ die **hypothetische** Auspuffgeschwindigkeit (a. d. E_n pro kg),

$\varepsilon = \frac{c}{c_h}$ Wirkungsgrad der Düse (ε lies Epsilon),

$c_h^2 = 2g_0\cdot 427\cdot$ Cal/kg; z. B. für $4H_2 + O_2 = 2H_2O + 2H_2$ wird:

$c_h^2 = 2g_0\cdot 427\cdot 2880$	Dann wird:
$c_h = 4\cdot 91$ km/sek und	$\varepsilon = \frac{c}{c_h} = 81\%$
$c \sim 4\cdot 0$ km/sek.	$\varepsilon_2 = 66\%$.

für $\varepsilon = \frac{c}{c_h}$ wird nunmehr $\zeta_m = \frac{2v}{c_h}\varepsilon$ oder $\frac{2v}{c}\varepsilon^2$.

Wir hätten z. B. für die Kopfrakete einer dreistufigen Rakete, die eben anbrennt, $v = 12 \cdot 8$ und $c = 4$ km/sek, und wir erhalten somit für den momentanen Wirkungsgrad den Wert

$$\zeta_m = \frac{25 \cdot 6}{4} \times 60 = 3 \cdot 8 = 384\,\%.$$

Dies scheint einen Widerspruch zu enthalten, es ist aber für den momentanen Wirkungsgrad doch ganz richtig. Man muß nämlich bedenken, daß es sich dabei nur mehr um ein Hundertstel der Anfangslast handelt, und wir hätten somit in diesem Augenblick für den Wert des **momentanen Gesamtwirkungsgrades** die Ziffer $\zeta_{sm} = 3 \cdot 8\,\%$ zu setzen[1]).

Und so erhalten wir nunmehr die Formel:

(16) $$\zeta_{ms} = \frac{2\,v}{Q\,c_h}\,\varepsilon \text{ oder } = \frac{2\,v}{Q\,c}\,\varepsilon^2\ ^{2)}.$$

Kehren wir nun zu dem Thema zurück, von dem wir ausgegangen sind, zur Untersuchung der Elektronen-Ejektoren.

Wir hätten also hier $$\zeta = \frac{2\,v}{Q\,c}\,\varepsilon^2.$$

Setzen wir nun für $Q \sim 1$, für v die Größenordnung von 10 km/sek und für das c der Elektronen die Größenordnung von 100000 bis 300000 km/sek — so erhalten wir für ζ einen Wert von der Größenordnung $$\frac{1}{10.000}.$$

Wir sehen also hieraus, daß es gar nicht richtig ist, zu sagen oder zu denken, daß ja die Elektronenrakete, wie Ulinski sie sich

---

[1]) Wobei Q der Quotient $\frac{\text{Anfangsgewicht}}{\text{noch vorhandenes Gewicht}} = Q$ ist.

[2]) Gegenüber anderslautenden Angaben, welche energetische Betrachtungen über den Wirkungsgrad für müßig erklären, soll hier festgestellt werden, daß eine derartige rechnerische formelmäßige Klarlegung sogar sehr wichtig ist. Nur muß man auch imstande sein, die richtige Formel aufzustellen; ich gebe aber zu, daß es vielleicht besser ist, gar nicht zu rechnen, als sich auf eine falsche Formel zu verlassen! Obige Formel für den Wirkungsgrad ist für Optimal-Kalkulationen und daher auch für Erwägungen betreffend die Gesamtanordnung von großer Wichtigkeit und ergänzt sich sehr schön mit der von Oberth entwickelten Massenwirkungsziffer $\Omega = cv \cos \alpha$ (siehe unter Synergie). Den $\cos \alpha$ habe ich gegenüber Oberth deshalb nicht mit hineingenommen, da α in den meisten Fällen $\alpha = 0^0$ genommen wird und in den Ausnahmefällen noch immer dazugegeben werden kann. Mehr darüber zu sagen, lassen weder Raum noch Thema zu.

denkt, etwas ganz Schönes, ja der Traum der Zukunft wäre, wenn wir imstande wären, dieselbe mit unseren heutigen technischen Mitteln auszuführen. Die Realisierung dieser Sache ist eben überhaupt **gar nicht anstrebenswert**, weil bei diesen extrem hohen Werten für c der Wirkungsgrad ein ganz minimaler wäre.

Wenden wir uns also nochmals der famosen Sonnenkraftanlage zu.

Wenn man sich z. B. denkt, man könnte den Rumpf der Elektronenrakete als „Kopfrakete“ einer „gewöhnlichen Rakete“ aus der Atmosphäre herausschaffen und diesen Rumpf fürs erste in eine Mondbahn einlenken — so könnte man also dann die Montage der „Sonnenkraftanlage“ ausführen.

Nun wollen wir uns wieder die Maße berechnen, welche diese Sonnenkraftanlage erhalten müßte.

Hierzu müssen wir zuerst die Arbeit des Impulses berechnen, die für unseren Fall vorliegt, und zwar für die erteilte Beschleunigung $\gamma = 0 \cdot 1 g_0$ [1]). Dann haben wir

Gewicht	15 000 kg
Impuls	1 500 kg
Geschwindigkeit	$v \sim 5$ km/sek [1]) .

$$\text{Arbeit des Impulses} = Pv = 1 \cdot 5\, t \times 5 \text{ km/sek}$$
$$= 7 \cdot 5,\ 10^6 \text{ km/sek}$$
$$= 100\,000 \text{ PS}.$$

Dies entspricht aber der Leistung einer mit 100 % Wirkungsgrad gerechneten **Sonnenkraftanlage** von

5·2 ha Arbeitsfläche.

Nachdem wir aber gefunden haben, daß bei Ausstoßung von Elektronen durch Energie-Umsetzung der Wirkungsgrad ζ gegenüber der soeben berechneten Arbeit des Impulses von 100000 PS bloß $\zeta \sim 0 \cdot 1$ ‰ (für $v = 10$ km/sek) betrage, können wir nunmehr unseren Bedarf ermitteln.

Wenn wir noch berücksichtigen, daß wir mit unseren $v \sim 5$ km/sek bereits eine Geschwindigkeit $v_s \sim 35$ km/sek gegen die Sonne erreicht haben, und ζ für 10 km/sek berechnet ist, erhalten wir also

---

[1]) Um aus der Mondbahn herauszukommen, woselbst ein $v \sim 5$ km/sek vorhanden sei, und wo die Montage vorgenommen worden sei, genügt eine Beschleunigung $\gamma \sim 0 \cdot 1 g_0$.

$$\text{Fläche } F = \frac{10}{35} \cdot 5{,}2 \text{ ha} \cdot 10000$$

$$\text{„} \quad F \sim \mathbf{150\ km^2}.$$ [1]

Man könnte den Einwand machen, daß ich bei der Ableitung der „allgem. Formel“ für den Wirkungsgrad $\zeta \sim 0 \cdot 1^0/_{00}$ für Elektronenraketen[2] den Fehler begangen habe, daß ich den Elektronen in höchst bequemer und willkürlicher Weise eine Masse zugeschrieben habe, indem ich einfach die für ponderable Körper abgeleitete

$$\text{Formel } \zeta = \frac{2v}{Qc}$$

auf die Elektronen-Ejektoren, das heißt also auf die

ausgestoßenen Elektronen

angewendet habe.

Ich habe diese Gleichstellung der Elektronen mit den ponderablen Körpern aber nur in Anwendung auf den Impuls gemacht, und eine

Trägheitsmasse

müssen die Elektronen denn doch unbedingt haben, was daraus erhellt, daß sonst eine Energieübertragung oder -ausübung durch Ätherwellen unvorstellbar wäre, die letzten Endes eine lebendige Kraft, also ein $\frac{\mu}{2} v^2$ voraussetzt.

Und eben nur von dieser Trägheitsmasse der Elektronen wurde hier Gebrauch gemacht. Es ist also nicht einzusehen, warum die Anwendung der Formel 16 auf die Elektronen-Ejektoren nicht stichaltig sein sollte.

Wir können nunmehr das Ergebnis unserer Untersuchungen zusammenfassen und sagen:

1. Das „Düsenreaktionsgerät“ verstößt gegen ein Naturgesetz (das heißt, es möchte!) und ist daher nicht nur vollständig unwirksam,

---

[1] Es war also doch gut, daß ich alle exakten Rechnungen gemacht habe, denn es ist unmöglich, sich ohne die ziffernmäßigen Belege richtige Vorstellungen über den vorliegenden Nonsens und seine geradezu ungeheuerlichen Dimensionen zu machen, Dimensionen, die ruhig einen Vergleich mit jenen des Jules Verneschen Geschützes oder des „fliegenden Maulwurfs“ (Absatz 5) aushalten können.

[2] Natürlich würde ζ auf $1^0/_0$ steigen, wenn $v \sim 1000$ km/sek erreichen könnte.

sondern genauer gesagt, direkt schädlich, da es ohne jede Gegenleistung einen großen Aufwand an Gewicht und Energie verschlingen würde.

2. Die Verwendung von Sonnenkraftanlagen zum Antrieb von Raketen ist in der von Ulinski geplanten Art vollständig ausgeschlossen, weil der Energiebedarf dabei ein so hoher ist, daß eine durchführbare Dimensionierung einerseits nie an die erforderlichen Maße heranreichen könnte — andererseits aber nicht mit den sehr eng gesteckten Grenzen für die anwendbaren Gewichte in Einklang gesetzt werden könnte.

3. Der Gedanke der Verwendbarkeit des Elektronen-Antriebes für Raumraketen in der von Ulinski gedachten Weise mit ca. 250000 Volt Spannung und also ca. 250000 km/Sek. Abstrahlungsgeschwindigkeit c ist vollkommen verfehlt und wäre dies auch dann, wenn das Problem der erforderlichen Energieumsetzungen vollkommen gelöst wäre, da sich hierbei wegen der enorm hohen Geschwindigkeit der Elektronen der Wirkungsgrad dieses Antriebes in der Größenordnung von 0·1‰ bewegen würde.

Nachdem nunmehr festgestellt ist, daß die „Elektronenrakete" in allen ihren drei Hauptteilen als ein vollständiger „Versager", ja sogar als ein ausgesprochener Nonsens anzusprechen ist, erübrigt es sich, auf die konstruktive Qualität des Projektes bezüglich der Lösung sekundärer Probleme sowie auch auf alle weiteren Unzulänglichkeiten oder Ursachen einer Untauglichkeit — in praxi — näher einzugehen.

Bemerkung

Wir sehen hier aus meiner Formel für den Wirkungsgrad $\xi = \frac{2v}{Qc}\varepsilon^2$, daß an eine Verwendbarkeit der Abstrahlung von Elektronen für Raketen erst dann gedacht werden kann, wenn wir diese Abstrahlungsgeschwindigkeit c vollkommen in die Hand bekommen und ihr beliebige Werte etwa zwischen 50 und 200 km/sek zu erteilen imstande sind, ohne daß dabei die Intensität dieser Abstrahlung und außerdem ein hier vermutlich auftretender Koeffizient, der dem Wert ε^2 entspricht, allzu kleine Werte annimmt.

Daß aber bei den verschwindend geringen „Trägheitsmassen" der Elektronen, ein Antrieb bei so niedrigen „Geschwindigkeiten" von irgendwelchem verwendbaren Belang sein könnte, muß ebenfalls als sehr fraglich bezeichnet werden.

Bis jetzt sind an Strahlenarten von niederen Geschwindigkeiten nur die Massen- oder Anodenstrahlen und die Kanalstrahlen bekannt, mit den Werten von 100 bis 200 km/sek; diese treten aber nur als Sekundärstrahlen auf, wobei ihre Intensität von derjenigen der Primärstrahlung abhängt.

Es soll aber hier nicht als unmöglich erklärt werden, daß findige Köpfe, die alle diese Schwierigkeiten kennen und bedenken, trotz alledem einen gangbaren Modus zur Bewältigung dieses Problems auffinden könnten.

Die elektrische Abstrahlung oder Abströmung von Metallspitzen im Vakuum und ihre Wirkungen, die sich als eine Art „elektrischen Windes“ äußern, sind bekannt — aber nach ihren Maßen und energetischen Beziehungen noch nicht genauer untersucht. Es dürfte dabei eher an elektrisch geladene Moleküle des hochverdünnten Gases in Analogie mit den „Massenstrahlen“ zu denken sein. Oberth scheint diesen Weg in Erwägung zu ziehen; wenn also auf diesem Wege Werte von c mit 20 bis 100 km/sek erzielbar wären, kann diese Sache noch eine Zukunft haben.

Es mag also die Frage einer eventuellen zukünftigen „Überrakete“ wieder auftauchen — sie wird aber erst dann diskutabel sein, wenn die „gewöhnlichen“ Raketen klaglos funktionieren.

Eine andere Bemerkung drängt sich hier noch auf. In der allerletzten Zeit wurde über Projekte und Versuche betreffend die Verwendung des Raketenantriebes a) für Raketenflugzeuge oder gar b) für Schnellbahnen und Autos in Zeitschriften und Tagesblättern berichtet.

Ein Blick auf die Formel für den Wirkungsgrad $\xi = \frac{2v}{Qc}\varepsilon^2$ zeigt uns, daß hier das entgegengesetzte Extrem vorliegt wie vorher, da hier die erreichbaren Werte von v zu klein gegenüber dem c sind (v in der Größenordnung von 50 bzw. von 500 m/sek., c für Pulver $c \sim 2000$ m/sek). Daher scheint eine Verwendbarkeit dieses Antriebes im Falle a) als fraglich, im Falle b) als ausgeschlossen.

Hier werden sich nun für die Fälle a) und b) folgende Werte für den momentanen und für den Gesamtwirkungsgrad ergeben:

	Wirkungsgrad	a) für Rakflugzeuge	b) für Schnellbahnen
momentaner	$\xi_m = \frac{2v}{c}\varepsilon^2$	z. B. $\frac{2 \cdot 500}{3000} \cdot 0 \cdot 6 = 20\,\%$	z. B. $\frac{2.50}{2000} \cdot 0 \cdot 5 = 2 \cdot 5\%$
Gesamtwirkungsgrad	$\xi_\zeta = \frac{\xi_m}{Q}$	$\frac{20\,\%}{50 \text{ bis } 5} = {}^1/_2 - 4\%$	$\frac{2 \cdot 5\,\%}{2-3} \sim {}^1/_2 - 1\,\%$

Für a) wird dabei $Q = \text{numlog}\left[\frac{3 \cdot 6\,h\,(\text{Stunden})}{c\,(\text{km/sek})} + \underset{\otimes}{1 \cdot 3}\,v\,(\text{km/sek})\right]$ z. B. für 1 Stunde: $Q = \text{numlog}\,[1 \cdot 2 + 0 \cdot 65] = e^{1 \cdot 85} = 6 \cdot 4$ und dabei sind erst 1500 km zurückgelegt!

Der momentane Wirkungsgrad ξ_m ist allerdings für a) nicht so ungünstig (20 %), dagegen macht sich die Beschleunigungsstrecke für den Gewichtsquotienten unliebsam bemerkbar (siehe ⊗).

Schlußbemerkung

Wir mußten alle die hier angeführten Methoden teils als unverwendbar und ungeeignet (z. B. wegen zu hohen „Andrucks") — und daher als gar nicht anstrebenswert kennzeichnen, außerdem aber meist — trotz ungeheuerlichen Aufwandes — als undurchführbar bezeichnen.

Dabei ist uns bisher noch etwas entgangen, was an den Projekten: Absatz 3 Jules Vernesches Geschütz, Absatz 4 Solenoid-Geschütz und Absatz 5 Tunnelgranate eine gemeinsame weitere Ursache der Unverwendbarkeit wäre, und zwar ist diese darin zu erblicken, daß nach diesen Methoden, wenn sie auch zum Verlassen der Erde geeignet wären — ein Landungsmodus auf einem anderen Himmelskörper, geschweige denn eine Rückkehr zur Erde nicht ermöglicht werden könnte. Wenn man aber hierzu zum Raketenprinzip seine Zuflucht nehmen würde — ist nicht einzusehen, warum man dieses nicht gleich auch für den Start verwenden soll!

Es ist also bei jedem dieser „Holzwege" aus mehrfachen Gründen vollkommen ausgeschlossen, aus dem vorliegenden Prinzip eine verwendbare Sache herauszumodeln.

Durch diese vollständige Unzulänglichkeit und Unverwendbarkeit vorliegender „Holzwege" ist aber ein weiterer wichtiger Umstand bisher unerwähnt geblieben; die Forderung der abgerundeten Abgeschlossenheit meiner kritischen Erörterungen macht es aber notwendig, denselben noch zum Schluß hervorzuheben.

Wenn sich für die Lösung irgendeines Problems eine Methode als verwendbar erweist, wird man sie deshalb noch nicht sofort durchführen, sondern vorher auch noch eine Vergleichung mit etwaigen anderen vorhandenen Methoden vornehmen und davon jene wählen, die sich in Anbetracht von Leistung, Aufwand und Risiko als die günstigste erweist.

Hierzu muß ich noch einen kleinen Exkurs in das Gebiet der technischen Ökonomie einschalten. Wir können hierbei im allgemeinen die technischen Werke, gleichgültig ob Maschinen, Bauten, Brücken oder Straßen, Fabriken oder Verkehrsanlagen usw., in zwei große Gruppen unterteilen.

Gruppe I.

Gruppe der unteilbaren Einheiten oder der unvollendet ruinösen Werke.

Wenn z. B. ein Tunnelbau oder ein Brückenbau zwar begonnen, aber nicht vollendet werden kann, so ist der ganze Aufwand für den halben Tunnel, für die halbe Brücke, verschwendet, weil ja der Gebrauchswert einer halben Brücke, die nur bis zur Mitte eines Flusses führt, oder der Gebrauchswert eines halben Tunnels gleich Null ist.

Gruppe II.

Gruppe der teilbaren Einheiten oder der unvollendet aktiven Werke.

Wenn z. B. eine Straße in der Länge von 100 km erneuert werden soll und die Arbeit wird bei 50 km abgebrochen, so bedeutet das keine ruinöse Aufwendung für die Kosten dieser 50 km, da ja eine Besserung der Verkehrsverhältnisse in der betreffenden Gegend immerhin vorliegen wird, usw.

An der Hand dieses Gesichtspunktes der unteilbaren und der teilbaren technischen Werke wollen wir nochmals das vorliegende Problem der Weltraumschiffahrt betrachten.

Dabei müssen wir konstatieren, daß sich hierfür drei oder vier verschiedene Etappen oder Stufen unterscheiden lassen, die nacheinander erreichbar sind.

I. Das Registrieraggregat. Dabei handelt es sich um ein Projektil, das es ermöglicht, einen Registrierapparat bis zur Höhe von etwa 100 bis 200 km emporzuschaffen und unbeschädigt — mittels Fallschirm — wieder zur Erde zurückkommen zu lassen, und zwar um ein solches Projektil, das an jedem beliebigen Punkt der Erdoberfläche verwendbar ist. Erfordernis: eine Geschwindigkeit v_a von ca. 1·2—1·8 km/sek in der Höhe von ca. 30 km.

II. Das Fernprojektil[1]) dient zur Bewältigung weiterer Strecken der Erdoberfläche — etwa von 500 km aufwärts. Erfordernis: eine Geschwindigkeit v_a von ca. 4 bis 7 km/sek (je nach der Reichweite des zu überspannenden Bogens), und $v_i = 5$—14 km/sek[2]).

---

[1]) Ich sage absichtlich nicht „Registrierrakete" und „Fernrakete" usw., weil ich noch einmal den Versuch machen will, die Wahl der Methode offen zu lassen.

[2]) v_a Startgeschwindigkeit, v_i ideelle Endgeschwindigkeit, das ist Summe aller (willkürlich) erteilten Geschwindigkeitsänderungen $v_i = \Sigma \Delta v$.

Die Verwendbarkeit dieses Aggregats soll natürlich ebenfalls nicht an einen bestimmten Punkt der Erdoberfläche gebunden sein.

III. Das **Mondaggregat** soll z. B. zu einer Umfahrung des Mondes geeignet sein und bietet damit die Vorstufe zu Punkt IV. Erfordernis ca. **11** km/sek außerhalb der Atmosphäre.

IV. Das bemannte **Planetenaggregat.** Erfordernis: ca. **12** bis **17** km/sek $= v_a$ (siehe Abs. 1). $v_i = 15—25$ km/sek.

Wenn wir nun z. B. gefunden hätten, daß der sog. „Drouetsche Tunnelplan" zum Verlassen der Erde geeignet wäre, müssen wir uns im Sinne unserer vorhergehenden ökonomischen Studie fragen: Ist diese Lösung ein „unteilbares" oder ein teilbares technisches Werk?

Und da finden wir, daß es zur Lösung der Probleme I und II vollkommen ungeeignet wäre, da die Verwendbarkeit desselben für das Registrieraggregat, speziell für das Fernprojektil, an den örtlich festgelegten und nicht einmal schwenkbaren Starttunnel gebunden ist, wie ich es bereits im Absatz V^b erwähnt habe.

Wenn man aber nach dem **Prinzip** der **Stufenrakete** vorgeht, liegt die Sache ganz anders: Sie ist dann ein **teilbares technisches Werk,** sie kann auch für die Stadien I und II verwendet werden, und es kann dieser ökonomische Vorzug der Rakete gar nicht genug **hervorgehoben** und **unterstrichen** werden, weil dadurch die Realisierung der Rakete jedes ökonomische Risiko verliert.

Denn jedes dieser genannten Stadien hat bei Zugrundelegung des Raketenprinzips seinen praktischen Wert und macht sich also selbst bezahlt.

Es macht also — im Gegensatz zu unserem Beispiel vom Tunnel — oder Brückenbau, vom Standpunkt der Investitionsverzinsung — gar nichts, wenn man durch einige Jahre bei der Registrierrakete stehenbleibt — und dann wieder vielleicht ein paar Jahre bei der Fernrakete steckenbleibt, weil diese an sich abgeschlossene und wirtschaftlich selbständige Einheiten sind, die sich selbst bezahlt machen.

Es ist auch ferner klar, daß die aktive Bilanz dieser einzelnen Stadien es wesentlich erleichtert, die notwendigen experimentellen und konstruktiven Arbeiten für die Bewältigung der nächsten Stufe durchzuführen!

In Amerika soll jetzt ein neuer Tunnel nur für Autos gebaut werden, der den Hudson unterquert und etwa 47 Mill. Dollar = rund 200 Mill. Mark kosten wird. Rechnet man die erste bemannte Mondrakete von 500 Tonnen Gewicht mit 7 Mark pro kg, was recht hoch ist, so kostet sie nur 3,5 Mill. Mark. Die Vorstufen und die Vorversuche mit allem Drum und Dran sollen das Doppelte kosten — dann ließen sich für den Betrag, den der Hudsontunnel kostet, 45 Raumschiffe ins Weltall schicken! Im Jargon der Gegner heißt das aber „ungeheuerliche Kosten".

Und es soll hiemit nochmals nachdrücklichst der Appell an die Öffentlichkeit ergehen, die **Realisierung** der **Registrierrakete**, die tatsächlich keinerlei technische Schwierigkeiten aufweist, kräftig zu unterstützen, um so mehr als dieselbe die erste Staffel auf der kühnen Leiter zur Weltraumschiffahrt darstellt, welches Ziel n u r auf diesem Wege, wie soeben nachgewiesen und betont wurde, ohne jedes nennenswerte ökonomische Risiko erreicht werden kann!

Die Rakete als Antriebskraft

Von Ingenieur Fr. W. Sander

Während der Drucklegung des Buches wurde die Erfindung einer leistungsfähigen Rakete bekannt, die den bekannten Rückstoßautoversuchen auf der Opelbahn in Rüsselsheim zum Erfolg verhalf. Der Erfinder, Herr Ingenieur Sander in Wesermünde, stellte in liebenswürdigster Weise in letzter Stunde noch folgenden kurzen Abriß über die Verwendbarkeit seiner Erfindung zur Verfügung.

Am 12. April 1928 startete auf der Rennbahn der Opelwerke in Rüsselsheim zum erstenmal ein durch Raketenkraft angetriebener Wagen. Die Presse der gesamten Welt hat sich mit diesem Ereignis ausgiebig beschäftigt, und weitgehendste Auswirkungen dieser Erfindung wurden diskutiert. Ganz insbesondere wurde dieser neue Antrieb in Verbindung gebracht mit der Möglichkeit, nicht nur auf der Erde Fahrzeuge fortzubewegen, sondern auch Luftfahrzeuge mit hoher Geschwindigkeit zu befördern bzw. die Idee der Raumschiffahrt zu verwirklichen.

Die folgenden Zeilen sollen in aller Kürze lediglich dazu dienen, den Lesern die praktische Anwendbarkeit des Rückstoßprinzips näherzubringen.

Zur Herstellung der Verbindung zwischen dem Lande und einem gestrandeten Schiffe zwecks Rettung der gefährdeten Menschenleben wurde in den vergangenen Jahrzehnten bereits die Rakete benutzt. Diese erreichte durchweg eine Wurfweite von etwa 200 und höchstens 300 m und zog dabei Leinen von etwa 9—12 mm ∅ hinter sich her. Bei zunehmendem Tiefgang der Schiffe, durch den sie in größerer Entfernung vom Lande strandeten, steigerten sich die Anforderungen an die Wurfweite, d. h., es mußten Raketen von höherer Leistung gebaut werden. Daß damit die Detonationsgefahr bzw. die verheerenden Wirkungen einer solchen Detonation ebenfalls gesteigert wurden, ist selbstverständlich.

Durch geeignetes Verfahren ist es aber gelungen, diesem Übelstand in einem solchen Maße zu begegnen, daß heute sogenannte „Krepierer" eigentlich nicht mehr vorkommen. Der besondere Vorteil der Rakete als Beförderungsmittel gegenüber einem Geschoß, das durch eine Kanone ausgestoßen wird, ergibt sich aus folgender kurzen Betrachtung:

Das Geschoß hat bekanntlich eine hohe Anfangsgeschwindigkeit und ist von dem Augenblick an, in dem es das Rohr verlassen hat, durch Reibung in der Luft einer Gegenwirkung ausgesetzt, ohne daß eine Ergänzung der inzwischen sich verbrauchenden, schleudernden Kraft eintreten kann. Die Rakete dagegen trägt die Kraft, die zu ihrer Beförderung dient, in sich. Sie tritt ihren Weg mit relativ geringer Anfangsgeschwindigkeit an und erreicht auf Grund der Vergrößerung der Brennfläche und Erleichterung ihres Eigengewichtes infolge des Brennstoffverbrauchs eine immer höhere Geschwindigkeit bis zu dem Augenblick, in dem der Treibsatz ausgebrannt ist. Die Beschleunigung, die einer solchen Rakete mitgeteilt werden kann, ist daher abhängig

1. von der Größe der gewählten Brennfläche,
2. von der Art des Treibsatzes.

Es ist heute gelungen, beide Mittel so gebändigt in der Hand zu haben, daß ganz nach Willen des Erbauers der Rakete eine mehr oder minder hohe Beschleunigung bzw. eine mehr oder weniger starke Zugkraft mitgegeben wird. Es ist möglich, heute Raketen von ein oder mehreren Tonnen Schubwirkung zu bauen; selbstverständlich sind alle darunter liegenden Werte ebenfalls möglich.

Daraus ergibt sich, daß man die Rakete in gewissem Umfange als Beförderungs- oder Schubmittel für Fahrzeuge aller Art auf dem Lande, im Wasser oder in der Luft nutzen kann. Die praktische Auswirkung und der weitere Ausbau dieser Wirklichkeit muß der nächsten Zukunft vorbehalten bleiben. Der zu Anfang genannte Versuch auf der Opelbahn hat jedenfalls praktisch erwiesen, daß die eben genannte Behauptung tatsächlichen Boden hat.

Die Rakete steht bekanntlich auf ihrer eigenen Gassäule, d. h. sie erhält ihren dauernden Antrieb durch die infolge Verbrennung erfolgende Trennung der Moleküle. Das hat zur Folge, daß die Rakete selbst im luftleeren Raum vordringen kann, was dem Laien sehr häufig unverständlich bleibt, da er der Ansicht huldigt, die ausströmenden Gase müßten auf einen Widerstand, etwa im Wasser oder in der Luft, stoßen. Die Verbrennung des Treibsatzes im luftleeren Raum ist dadurch möglich, daß er den dazu nötigen Sauerstoff infolge zweckmäßiger Zusammensetzung in sich trägt. Daraus gebiert die bessere Verwendbarkeit der Rakete in luftleeren Schichten der Erdatmosphäre im Gegensatz zu dem mit einem Propeller armierten Ölmotor. Der letztere bedürfte in solchem Falle der künstlichen Zufuhr von Sauerstoff und eine wesentlich höhere Tourenzahl des Propellers, um dem überhandnehmenden Slip zu begegnen.

Da in der Atmosphäre mit zunehmender Höhe die Luftschichten dünner werden, würde bei gleichbleibendem Antriebsdruck die Geschwindigkeit der Rakete ständig wachsen. Die Rakete hat aber außerdem grundsätzlich eine Beschleunigung, so daß ihre Geschwindigkeit auf mehrere 1000 m pro Sek. gesteigert werden kann.

Es ist daher nicht nur theoretisch, sondern tatsächlich möglich, vermittelst der Rakete in Höhen vorzudringen, die bislang unerreichbar waren. Damit eröffnet sich die Möglichkeit intensiver meteorologischer Höhenforschung, die ihrerseits dem Luftverkehr unmittelbar dienstbar ist. Es steht zu erwarten, daß in absehbarer Zeit die Erdoberfläche mit einem Netz von Raketenstationen überzogen ist, von denen aus täglich im gleichen Augenblick Raketenaufstiege stattfinden, die, verbunden mit Registriermessungen, diejenigen meteorologischen Daten ergeben werden, die nötig sind, um ein einwandfreies Bild der meteorologischen Gesamtstruktur der Erdatmosphäre zu erhalten. Damit wäre dann die denkbar beste Voraussetzung für eine zuverlässige Wettervorhersage gegeben. Der Luftfernverkehr, insbesondere der transozeanische Luftverkehr, würde auf diese Weise die für die Sicherheit seiner Durchführung unerläßliche meteorologische Grundlage erhalten.

Die Arbeiten für den Bau zuverlässiger Registrierapparate, die in ihrer Feinfühligkeit sich der auftretenden Beschleunigung der Rakete anpassen, sind aufgenommen. Besondere Schwierigkeiten werden erwachsen, wenn diese Apparate mit Fallschirm aus großen Höhen absinken müssen, da es dann nicht immer möglich sein wird, sie wegen der inzwischen erfolgten Abtrifft mit Sicherheit wiederzuerlangen. Registriermessungen bis zu einigen 1000 Metern sind jedoch mit ziemlicher Sicherheit durchzuführen.

Als Treibsatz für Raketen wurde bislang eine zweckmäßige Pulvermischung benutzt. Die Geschwindigkeit der Rakete, die ja abhängig ist von der Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase, konnte mit dem erwähnten Treibmittel auf etwa 2000 m/sek gesteigert werden. Es erscheint nicht unwahrscheinlich, daß durch Verwendung anderer Treibmittel noch höhere Geschwindigkeiten zu erreichen sind. Als besonders wertvoll erscheint die Tatsache, daß der thermische Wirkungsgrad dieses neuartigen Motors ca. 65 % beträgt, gegenüber einem Wirkungsgrad von nur 18—20 % beim Ölmotor.

Wie bereits ausgeführt, kann die Schubkraft der Rakete bis zu nennenswertem Maße gesteigert werden, so daß es möglich ist, nicht nur kleinere Nutzlasten, wie die genannten meteorologischen Registrierapparate, sondern auch größere Gewichte zu befördern. Damit taucht die Frage auf, die Rakete als Antriebsmittel für Flugzeuge zu nutzen. Vorläufig ist dieser Motor noch nicht geeignet, einen Dauerantrieb herzugeben, was beim Ölmotor der Fall ist, wohl aber wird die Rakete im Bereiche des Segelflugsportes zunächst erfreuliche Auswirkungen zeitigen. Der umständliche Abschuß des Segelflugzeuges vermittelst des Katapults wird durch Raketenschub ersetzt werden können und dem Fahrzeug dadurch ein Mehrfaches an Starthöhe mitgegeben werden. Darüber hinaus würden Schubraketen von längerer Brenndauer dem Fahrzeug einen mit weiterer Beschleunigung verbundenen Antrieb geben, so daß viele Kilometer mit relativ hoher Geschwindigkeit zurückgelegt werden können. Auch ist das Segelflugzeug nunmehr evtl. in der Lage, bei unfreiwilliger Landung aus eigener Kraft neu zu starten.

Weitere Versuche haben ebenfalls gezeigt, daß die Rakete auch im und unter dem Wasser, als brauchbares Aggregat, um hohe Geschwindigkeiten zu erreichen, genutzt werden kann.

Es hat den Anschein, daß durch Wahl eines anderen Triebstoffes die bisher genannten Möglichkeiten noch weiter ausgebaut werden können, insbesondere geht das Ziel der Versuchsreihen dahin, den thermischen Wirkungsgrad noch ökonomischer zu gestalten und den Treibstoff so zu wählen, daß eine höhere Dauerleistung gezeitigt wird.

Da alle diese Dinge noch im Flusse sind, ist aus begreiflichen Gründen in vorstehenden Zeilen ausdrücklich davon abgesehen worden, positive Zahlenwerte in größerem Umfange zu geben, da das Morgen voraussichtlich ein ganz anderes Bild geben wird.

Schlußwort

„Dreifach panzerten Mut und Kraft
dem das eiserne Herz, der sich zuerst gewagt
im gebrechlichen Boot hinaus
auf das tückische Meer . . .“

(Horaz.)

Nachdem uns nun Pirquet nachgewiesen hat, daß das künftige Weltraumschiff entweder als Rakete oder überhaupt nicht geboren werden wird, mag es angebracht und erwünscht sein, noch einige Worte über die Vorgeschichte des Raumfahrtgedankens und der Rakete selbst bis auf unsere Tage der Oberth, Hoefft und Goddard zu sagen.

Soweit die Vorgeschichte der alten Menschheitssehnsucht in das Gebiet der schöngeistigen Literatur gehört, ist es ja schon von Debus geschrieben worden, so daß hier eine kurze Fassung möglich ist.

Allgemein geht die Sage, daß die einfache Feuerwerksrakete, wie sie im heutigen Schema auf Abb. 24 bewundert werden kann, schon 3000 Jahre v. Chr. bei den Chinesen gebräuchlich war. Diese Behauptung ist, das muß einmal deutlich ausgesprochen werden, durchaus nicht bewiesen, das älteste sichere Datum für die Bekanntheit der Rakete im Orient ist etwa das neunte Jahrhundert v. Chr. Soviel ich informiert bin, handelt es sich dabei um Feuerwerksraketen, also um eine reine Belustigung. Doch treten die ersten Raketen zu ernsteren Zwecken nicht viel später auf. Als gewissenhafter Deutscher darf ich nicht vergessen mitzuteilen, daß das Wort Rakete allgemein (es steht in jedem Lexikon zu lesen) vom italienischen rocchetto, Spindel oder Röhrchen, abgeleitet wird, wie sich denn auch die bislang älteste Erwähnung der Rakete bei einem Italiener (Muratori 1379) findet. Die noch heute gebräuchliche einfache Form wird 1405 eingehend von Konrad Kyser von Eichstädt bereits beschrieben, etwas später (1420) gibt de Fontana schon allerlei Ratschläge zur kriegerischen Verwendung.

Nach diesen ersten Nachrichten ist dann aber eine ganze Weile absolute Schweigsamkeit, soweit es Raketen anbetrifft. Ernst wird es dann in den Tagen Isaac Newtons, den ja auch dann jeder Raumfahrtverfechter als den ersten Propheten des Weltenfahrzeuges im Munde führt. Newton erwähnte anläßlich einer Vorlesung über das Rückstoßprinzip, daß sich mit diesem Prinzip auch im luftleeren Raume fahren lasse, und schlug auch gleich eine praktische Anwendung vor: man solle versuchen, einen Wagen durch den Rückstoß auspuffenden Wasserdampfes zu treiben. Das Experiment selbst wurde dann durchgeführt (wenn auch ohne praktische Erfolge) von s'Gravesande, der sich in einem zweibändigen Werk (Physica elementa mathematica, experimenta confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam, Leyden 1720/21) darüber ausläßt[1]).

Die ganze Geschichte erinnert mich stark an eine Spielerei, die ich mir als Dreizehnjähriger ausgedacht hatte. Ich hatte in einen alten Spielzeugblechkahn von etwa 60 cm Länge einen Spirituskocher unter einem irgendwoher aufgetriebenen Dampfkessel im Duodezformat gesetzt und ließ beiderseits durch gebogene Röhren den Dampf rückwärts ausströmen. Das Schiffchen fuhr tatsächlich, sogar etwas zu gut, so daß es schließlich verlorenging. Zur Tröstung versuchte ich dann nach demselben Prinzip Flugzeugmodelle zu treiben — was mir zu der ersten Operation meines Lebens verhalf, es waren verschiedene Glas- und andere Splitter etwas tief gegangen.

Wieder verging damals, um auf das Thema zurückzukommen, eine ganze Zeit, bis das Rückstoßprinzip sich öffentlich erneut bemerkbar machte. Als es aber geschah, war es gleich ziemlich unangenehm. Der indische Fürst Haidar-Ali hatte 1766 ein Korps von 1200 Raketenwerfern, deren Waffen als Brandgeschosse wirkten. Der Sohn des Fürsten, Tipu Sahib, ließ sich die Pflege dieser Waffengattung besonders angelegen sein und vermehrte das Raketeurkorps auf 5000 Mann, die bei der Belagerung von Seringapatam 1799 eine entscheidende Rolle spielten. Dieses kriegerische Ereignis gab den beteiligten Engländern den Anstoß, die Kriegsrakete auch in Europa einzuführen, der englische General W. Congreve konstruierte 1804 ebenfalls Brandraketen, die 1806 gegen Boulogne und 1807

[1]) Vgl. auch Hans Grimm, „Aus meiner Raumschiffkartei", „Rakete" vom 15. 2. 1928.

gegen Kopenhagen erfolgreiche Anwendung fanden. Ein Däne, Hauptmann Schuhmacher, regte daraufhin die Geschoßrakete an, welche Erfindung von Engländern und Österreichern ausgebeutet wurde. Ein entschiedener Fortschritt zeigte sich noch, als 1846 der Nordamerikaner William Hale die stablose Rotationsrakete konstruierte, die ebenfalls in der österreichischen Artillerie Verwendung fand, sowohl im Feld- als auch im Festungs- und vor allem Gebirgskrieg. Besonders im Gebirge war die leichte Rakete und das einfache Startgestell ein erfolgversprechendes Kampfmittel, was ohne weiteres einleuchtet.

Von seiten der Österreicher wurde sie denn auch in den Feldzügen von 1848 und 1849 in Ungarn und Italien mit wechselndem Erfolge angewendet, doch wurde schon 17 Jahre danach das Raketeurkorps aufgelöst, weil es sich 1866 nicht bewährt hatte. In Preußen geschah derselbe Schritt im Jahre 1872.

Das Ende der Kriegsrakete erklärt sich zwanglos aus ihrer gegen moderne Geschütze gemessen recht geringen Reichweite und der ebenfalls einem Geschütz weit unterlegenen schwachen Treffsicherheit und Durchschlagskraft. Nur als Leuchtrakete wurde sie noch weitergeführt, wie ja jedermann aus dem Weltkriege bekannt ist. Die deutschen Kriegsleuchtraketen brachten es vor dem Weltkriege zu folgenden Leistungen: Länge des beleuchteten Feldes 700—1200 m, Breite 500—550 m, Entfernung der Mitte des beleuchteten Feldes vom Abschußort 700—1000 m. Die Ergebnisse mit den im Kriege verwendeten Leuchtraketen sollen noch besser gewesen sein, genaue Zahlen habe ich leider nicht erhalten können.

Nachtragen möchte ich noch, daß die alten Kriegsraketen nicht nur von den Österreichern in verschiedenen Feldzügen und von den Engländern gebraucht wurden, sondern auch noch in vielen anderen Kämpfen. So von den Russen 1860/61 an der chinesisch-sibirischen Grenze, von den Franzosen 1859 in Algerien und von den Engländern wieder in China und Afghanistan.

Augenblicklich ist also die Kriegsrakete wieder tot — es sieht aber ganz so aus, als wenn es nur ein Scheintod ist, wenn man den Gerüchten trauen darf — und es besteht nicht ein Grund dagegen, wohl aber Dutzende dafür, dann wird sie im nächsten Kriege in den Händen der United States wieder auftauchen als Goddardscher Raketentorpedo, der große Mengen Sprengstoff und Giftgas nach jedem beliebigen Punkte der Erde schickt.

Zurzeit hat die Rakete noch ein paar friedlichere Aufgaben. Ihre Verwendung als Schiffsrettungsapparat ist bekannt. Man schießt von Land aus, wenn die schwere See nichts anderes gestattet, von einem besonderen Gestell eine Rakete über das gestrandete Schiff. Die Reichweite ist im Höchstfalle 600 Meter, die Rakete nimmt ein dünnes Seil aus leichtem Manilahanf mit hinüber, an dem die Besatzung des Schiffes ein dickeres Seil hinüberzieht und sich über diese schwankende Brücke mit Hilfe einer sogenannten Hosenboje an Land rettet. Die Entwicklung dieses Apparates ist von Franz M. Feldhaus in den „Ruhmesblättern der Technik" (Leipzig 1910) von der Zeit an, da man aufhörte, in der Kirche zum lieben Gott um guten „Strandgang" zu flehen, aufgezeichnet.

In dies menschenfreundliche Feld der Raketengeschichte gehört auch noch die „Hagelrettungsrakete", über die R. Bauer auf dem 78. Naturforschertag zu Stuttgart 1906 referiert hat. Diese Raketen sollen durch Sprengladungen, die inmitten der Hagelwolke explodieren, den Hagel zerstreuen. Neuerdings sollen in dieser Richtung, wie mir Max Valier mündlich mitteilte, in der Schweiz gute Erfolge erzielt worden sein. — Auch die (gedankliche) Benutzung der Rakete als Raumfahrzeug ist nicht ganz neu. Zuerst wurde sie in Romanen ausgesprochen, wie im Kapitel „Raumfahrtsdichtung" nachgelesen werden kann, wie lange auch grübelnde Gelehrtenhirne schon mit der Frage spielten, es aber nicht auszusprechen wagten — wer will das heute noch sagen können.

Immerhin ist es interessant, daß der erste, der eine bejahende Stellungnahme öffentlich kundtat, ein Deutscher war, genau wie wir jetzt in der ernsten Debatte die führende Stellung einnehmen. Es war Hermann Ganswindt, der vor jetzt etwa 50 Jahren das Raumschiff nach dem Raketenprinzip prophezeite. Ganswindt (geb. 1856, lebt in Berlin) legte 1883 verschiedenen maßgebenden Stellen Pläne lenkbarer Luftschiffe und Propellerflugzeuge vor, ohne natürlich bei den damaligen schlechten Kraftmaschinen an praktische Ausführung denken zu können. Während der ganzen Zeit hat sich Ganswindt auch bereits mit dem Weltenschiff befaßt. Als einziges wirklich verwendbares Triebmittel erkannte auch er damals schon die Raketenkraft, und es ist besonders anzumerken, daß er in seinen Plänen bereits das auch für uns noch alleinseligmachende Stufenprinzip betonte. Allerdings in einer anderen Form als Oberth, Hoefft und Goddard. Ganswindt beabsichtigte m. W. die ganze Fahrt zu einem anderen Planeten in Etappen zurückzulegen, wir würden heute sagen, er wollte zunächst eine Außenstation in ziemlicher Erdnähe bauen, sie als Stützpunkt einer anderen entfernteren benutzen usw. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß die ganzen Pläne sowohl in Einzelheiten als auch in der großen Durchführung etwas unklar und ohne die neueren Erkenntnisse kaum verständlich wären, was man seiner technisch unentwickelten Zeit und seinem Vorläufertum wird zuschreiben müssen.

Ein nicht ganz so weit zurückliegender Prophet der Weltenfahrt, der wohl ebenso wie Ganswindt wenigstens die Anfänge der Verwirklichung noch erleben wird, ist der russische Professor Ziolkowski, über den Professor Oberth in seinen Kapiteln und im Literaturverzeichnis Verschiedenes angemerkt hat.

Zu allen den kritischen Fragen, die im Anschluß an Vorträge gern gestellt werden, kommen neuerdings noch solche, ob denn die Weltenfahrt, wenn die technische Möglichkeit als vorhanden vorausgesetzt werden soll, auch „erlaubt“ ist. Vom Standpunkt der Religion, der Kirche, der Astrologie, des Spiritismus usw. aus. Dazu wird nun auch noch manches gesagt werden müssen.

Vor kurzem hörte ich das Schmähwort: „Die Weltenfahrt sei ein würdiger Abschluß dieses Zeitalters eines öden Materialismus und einer technischen Wahnsinnsherrschaft!“ Der Mann, der es sagte, bekannte sich als Astrologe, deshalb sei zuerst mit der Astrologie begonnen.

Im voraus will ich bemerken, daß es zurzeit ganz unmöglich ist, über einen eventuellen Wert dieser angeblichen Wissenschaft ein auch nur einigermaßen zutreffendes Urteil abzugeben, ich persönlich halte nicht viel davon. Was aber nicht hindern darf, die Ansichten der Verfechter sich einmal anzuhören. Dabei geht die Unterhaltung natürlich nach dem hübschen Wort, das Heinz Welten geprägt hat: „Der eine redet am anderen vorbei und der andere meint es nicht böse. Das Ganze nennt man Konversation.“ Es trifft das auch auf jede Debatte zu, in die Weltanschauungsfragen hineinspielen. Nun kann es aber für uns hier ganz gleichgültig sein, ob die Astrologen mit ihren Thesen Recht haben oder nicht, hier interessiert schließlich doch nur, was sie zum Raumschiff von ihrem Standpunkte aus vermelden.

Ich habe es nun besonders begrüßt, als in dem von der „Gesellschaft für Bildungs- und Lebensreform“ in Kempten im Allgäu herausgegebenen „Weltrhythmus-Kalender für das Jahr 1928“ ein Artikel des Herrn Dr. Georg Lomer (Hannover) über „Weltraumflug und Astrologie“ abgedruckt war, dem ich mit freundlicher Erlaubnis des Herrn Verfassers folgendes entnehme:

Zunächst stimmt der Autor der Frage der Raumfahrt an sich bei, gibt einen kurzen Überblick über seine Verfechter und fährt dann fort: „Im Grunde ist der sich anbahnende Übergang von der Erdfliegerei zur Raumschiffahrt etwas ganz Natürliches. Ist er doch „einfach“ die Steigerung der irdischen Geschwindigkeit ins Kosmische. Draußen im leeren Raum, wo Luftwiderstand und Reibung wegfallen, wird sich das Fahrtempo sozusagen von selber ins Gigantische auswachsen. Für den Astrologen aber tun sich mit diesem bald genug zu erwartenden Schritt ins Weltall hinein mancherlei neue Probleme auf... Zwar wissen wir noch nicht, wer als Erster die abenteuerliche Fahrt... wagen wird... Immerhin dürfte aber anzunehmen sein, daß die horoskopische Himmelsfigur aller jener Menschen, die sich — und sei es gedanklich — besonders intensiv mit diesen Problemen befassen, irgendwie von Eigenart ist.“

Dr. Lomer untersucht nun das von ihm nach den üblichen astrologischen Grundsätzen (deren Wert oder Unwert uns, wie gesagt, hier ganz gleichgültig sein kann) aufgestellte Horoskop Professor Oberths in kurzen Umrissen, die ich wörtlich wiedergeben will. (Für die der Astrologie kundigen Leser ist die Horoskopfigur, ebenfalls mit freundlicher Erlaubnis Dr. Lomers, auf S. 335 abgedruckt.)

„Wir sehen im Osten das typische Künstlerzeichen Wage im Aufstieg, das von der Venus beherrscht wird. Die Regentin Venus selbst steht im „Hause des Todes“, nicht eben durchaus begünstigt (Opposition des Uranus). Das erste Haus, die „Persönlichkeit“, erhält eine besondere Note durch Saturn, die dem Geborenen etwas Ernstes, daneben aber Fleiß und Ausdauer verleiht. Der Beruf steht unter dem sog. Reisezeichen Krebs, dem Hause des wanderlustigen und wandelbaren Mondes. Im Krebs steht der intellektuelle Merkur, vorteilhaft bestrahlt von Mond und Uranus. Es sind also berufliche Gewinne durch uranische Kräfte (Erfindungsgeist, Okkultismus, Eintreten für neue Geistesrichtungen [1]) angezeigt. Auffällig ist die ungewöhnlich starke Besetzung des IX. oder Reisehauses, wo nicht weniger als drei hochwirksame Kraftkörper stehen (Sonne, Jupiter, Neptun). Reisen ins Ausland spielen also, nach der wohlbekannten landläufigen Deutung, in diesem Leben eine erhebliche Rolle. Ob diese Reisen aus der irdischen Sphäre

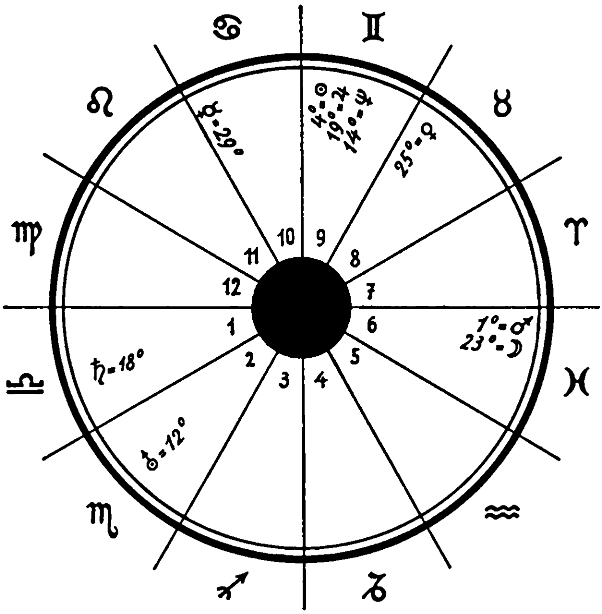


Abb. 70.
Horoskop Prof. Oberths nach Lomer.

hinaus, ob sie über dieselbe emporführen, läßt sich — da alle Vergleichsmöglichkeiten fehlen — natürlich beim besten Willen nicht sagen. Möglich ist es aber, da insbesondere Neptun sehr oft recht weite Reisen andeutet. Auch empfangen Jupiter und Neptun einen günstigen Winkel des erst wägenden, dann wagenden Saturn. Saturn ist ja der große Rechner, der für alles die materielle

[1]) Was Professor Oberth selbst dazu sagt, weiß ich nicht, interessant ist hier für mich, daß das Horoskop und die Aussage Dr. Lomers sich so augenscheinlich mit meinem Ausdruck „juvenil“ deckt. Niedergeschrieben wurde mein Kapitel „Belebte Welten“ übrigens, bevor ich den Aufsatz Dr. Lomers kennenlernte.

Grundlage vorbereitet, ehe er sich auf ein Unternehmen einläßt. Ein klares Vielleicht stellt sich also als Antwort auf obige Frage ein. Mehr nicht.“ —

Dr. Lomer gibt dann noch einen Hinweis, daß Eisen und Feuer die Reise (durch einen „ungünstigen Winkel Sonne—Mars“ angezeigt) gefährden werden, was man ja schließlich auch ohne Astrologie vermuten kann, und findet noch die Linien der rechten Hand Professor Oberths in Übereinstimmung mit dem Horoskop.

Gegner der Astrologie mögen nun vielleicht sagen, es sei eine ziemliche Schwafelei, die ich hier abgedruckt habe — nun, man braucht davon nichts zu halten. Was Dr. Lomer aber allgemein sagt, dürfte wieder volles Interesse auch der Gegner finden, da es gleichzeitig mit in das Thema Religion fällt.

„Der nächste Himmelskörper, der sich mit irdischen Raumschiffen erreichen ließe, wäre natürlich der Mond. Dieser unser Nachbar ist zwar nun, kosmisch gesehen, nur einen Katzensprung, nämlich die Kleinigkeit von 384 000 km, von uns entfernt. Vergegenwärtigen wir uns aber einmal seine astrologische Bedeutung — er ist ja das Symbol des Wachsens und Gedeihens, der Fruchtbarkeit, überhaupt in gewisser Art des menschlichen Körpers im ganzen. Seine Rhythmik ist in unseren Organismus sozusagen hineingebaut (vgl. die dem Mondzyklus entsprechende 28 tägige Periode des Weibes und vieles andere!). — Wie wird sich unser Organismus nun verhalten, wenn er statt Objekt plötzlich, auf dem Monde angelangt, zu ihrem Subjekt wird, d. h. sich körperlich mit der Zentralstelle dieser Mondrhythmik vereinigt?! Eine gänzlich neue Fragestellung, die sich bei jedem etwa neu zu erobernden Kraftzentrum, zunächst also Mars oder Venus, naturgemäß wiederholen müßte.

Und noch eine andere bedeutsame Fragestellung drängt sich dem Astrologen hier auf. Es gibt nämlich außer der körperlichen auch noch so etwas wie eine geistige Erdschwere. Durch die Gemütswerte: Liebe, Ehe, Freundschaft, Haus und Heim, Vaterland hält Mutter Erde uns fest wie mit eisernen Klammern. Es sind dies die Bindungsmittel einer geistig-seelischen Gravitation, um dies Wort zu prägen, die niemand unterschätzen wolle. Wird es möglich sein, sich ihnen zu entziehen? Sie innerlich so weit zu überwinden, daß sie nicht als hemmende Kräfte gegen die unvermeidliche Umstellung ins Kosmische wirken? Wie muß die geistige Einstellung des ersten Weltenfahrers beschaffen sein, des interplanetarischen Kolumbus, der das ungeheure Wagnis unternimmt, ein Raumschiff zu besteigen? Muß er nicht „der Erde abgestorben“ sein, muß er nicht jene Bindungen in gewisser Art — als das „Fleisch“ der Mutter Erde — überwunden haben, um sich frei emporschwingen zu können? Und wird die Mutter Erde ihn freilassen, ohne ihm das physische Leben zu nehmen? —

Bange Fragen, die erst durch die Praxis ihre Antwort finden werden. Immerhin, es sei drum: Wir sind ja nicht nur Kinder der Erde allein, sondern in einem ganz tiefen, erhabenen Sinne jenem Weltallschoße entsprossen, dessen Organ die Erde lediglich ist. Wenn uns nun dieser Allmutterschoß zurückfordert, indem er uns die Macht des Weltraumfluges gewährt? Aus vielerlei Kräften ist ja der Mensch gewoben, Sonne und Planeten haben mitgewirkt bei seiner Schaffung und Organisierung. Vielleicht bedeutet schon der Umstand, daß wir den Weltraumflug zu denken beginnen, unsere Reife für die Weltraumreise...

Wir wissen es nicht, und es ist fraglich, ob alles Theoretisieren hier überhaupt eine Antwort bringen kann. Allzuoft haben wir es ja erlebt, daß sämtliche Verneiner von den mutigen Praktikern geschlagen wurden... So wird denn auch in Sachen der Weltraumschiffahrt der große Lenker alles Geschehens schon wissen, warum und wozu er aufnahmefähigen Menschenköpfen die wundervollen Gedanken des Planetenfluges gerade in unserer Zeit eingegeben hat.“ —

Die Astrologie ist also, wie aus diesen Abschnitten deutlich genug hervorgeht, in ihrer prinzipiellen Stellung durchaus nicht abgeneigt, was wohl manches bange Gemüt beruhigen mag. Besonders unterstreichen möchte ich die Gedanken Dr. Lomers, die dahin zielen, daß die Aufstellung einer Frage schon die beste Gewähr für ihre schließliche Lösung ist.

Man hat es letztens ausgesprochen, daß vielleicht die Menschheit in eine etwas andere Verfassung „hineinmutieren“ könne. Sogar ziemlich bald. Bölsche war es, der es sagte. Und er meint eine Mutation in das Geistige.

Ohne, daß die Errungenschaften unserer heutigen Gehirnkonstruktion deshalb verlorengingen. Nehmen wir an, daß das eine zu erwartende Tatsache ist. Dann hätte das Schmähwort recht: Die

Weltenfahrt wäre der **würdige** Abschluß unseres Zeitalters! Aus dem ein kommendes noch etwas machen würde, was wir uns heute gar nicht vorstellen können.

Vorläufig läßt sich die Astrologiedebatte mit dem berühmten Satz schließen, den ihre eigenen Verfechter bei Unstimmigkeiten so gern anwenden: „Astra inclinant, non necessitant!" („Die Sterne machen geneigt, aber sie zwingen nicht").

Nach der Astrologie wäre der Okkultismus bzw. Spiritismus vorzunehmen. Das kann mit sehr wenigen Worten geschehen, zumal Dr. v. Hoefft schon in seinem Kapitel einiges dazu gesagt hat.

Die okkultistische Furcht ist, daß eine Rakete an einen Weltkörper gelangen könnte, den die Vorsehung als Geistersitz bestimmt hat, was für die noch nicht gestorbenen Insassen unangenehm werden könnte.

Also man bittet, die Geister anderer Planeten nicht zu reizen oder mit Abfällen zu füttern. So ähnlich heißt es doch immer im Zoo.

Aber einmal im Ernst gesprochen: Es ist nicht einzusehen, daß die materielosen Seelen Abgeschiedener, als welche die Spiritisten ihre Geister auffassen, einen bestimmten, auf der astronomischen Karte verzeichneten Stern als alleinigen Aufenthaltsort haben sollen, sie könnten ebensogut mitten unter uns auf der Erde existieren — und wo bliebe der ganze Spiritismus, wenn das nicht der Fall wäre. Vertreter dieser sonderbaren Geistesrichtung sagen selbst, daß das Fortleben nach dem Tode (so wie sie es auffassen) nicht einen anderen Ort, sondern einen anderen Zustand darstellt.

Wenn ich nicht selbst oft derartige Anfragen erlebt hätte, und wenn mir nicht Valier mitgeteilt hätte, daß es ihm noch schlimmer geht, wäre ich übrigens wirklich nicht auf den Gedanken gekommen, die Sache hier aufzurollen.

Ähnlich geht es mit den verschiedenen Einwänden, die aus religiösen Motiven entspringen.

Mit Religion an sich dürfte die Sache wohl wenig zu tun haben, es kämen nur ähnliche Bedenken in Frage wie beim Spiritismus. Anders verhält es sich mit dem, was man gewöhnlich als Religion bezeichnet, nämlich mit der Lehre der christlichen Kirche. Da hat man nun, einmal ganz grob ausgedrückt, das Bedenken, daß Gott es nicht gern sehen würde, wenn die Menschen ihren ihnen als Wohnsitz angewiesenen Planeten verlassen wollten. Ohne darauf einzugehen, ob nicht vielleicht ein derart eng gefaßter Gottesglaube überhaupt irrig und viel zu sehr menschlich ist, muß ich doch sagen, daß ich auch diese Bedenken der kirchlichen Kreise nicht teilen kann. Sie sagen, es gäbe jenseits der Atmosphäre göttliche Schranken, die der Mensch nicht überschreiten dürfe. Dieses „dürfen" scheint mir aber allein darum in die Glaubenswelt einbezogen, weil er es bis jetzt noch nicht k o n n t e. Ich erinnere daran, daß man ähnliche Bedenken auch hatte, als die Menschen die ersten Versuche machten, sich in die Lüfte zu erheben, und zwischen Luft- und Weltenfahrt ist in d i e s e m Sinne doch wohl nur ein quantitativer und nicht qualitativer Unterschied, was man in technischer Hinsicht leider nicht sagen kann. Eine der ersten Montgolfièren, die seinerzeit vom Winde weit abgetrieben worden war und außerdem keinerlei Insassen führte, wurde von Bauern zerstört, weil man annahm, es handele sich um ein Teufelswerk. Bei einem anderen Montgolfièrenversuch wurden zuerst vorsichtshalber Tiere mitgegeben, soviel ich mich erinnere, eine Ziege und ein Huhn. Als nun beim Niedergehen das Huhn eine Verletzung zeigte, die durch einen Tritt der Ziege hervorgerufen worden war, suchte man auch darin irgendwelche unbekannten feindlichen Mächte zu entdecken.

Die Zeit der Warmluftballons ist vorüber. Luftschiffe und Ganzmetallflugzeuge haben sie abgelöst. Und hohe Geistliche benutzen sie und gedenken sie sogar als Hilfsmittel der Mission zu verwenden.

Noch viel früher wird auch der Ozean eine solche göttliche Schranke gewesen sein. Daran denkt schon lange niemand mehr. Und Missionare fahren mit Schiffen über das Weltmeer, das dem Menschen ebenso verwehrt ist, wie das Luftmeer es war und der Weltraum noch jetzt, und landen an einsamen Inseln, die noch keines Menschen Fuß betrat; genau so wie man auf fremden Weltkörpern später landen wird, die ebenfalls noch nie einen Menschen gesehen. Ich kann mir also nicht denken, daß das eine Sünde sein soll und das andere nicht. Es ist nur neu und darum fremd, aber ich meine, daß die heutige Zeit vor Neuheiten keine Furcht mehr empfinden sollte. So sind nun auch d i e Einwände, die nicht medizinischer oder technischer Überlegung (oder sagen wir lieber „Unüberlegung") entspringen, abgetan.

Es bleibt ein letztes zu betonen.

Vor einiger Zeit gab der in technischer Hinsicht sonst wenig hervorgetretene Schriftsteller Moszkowski in einem großen und sonst nicht immer schlechten Berliner illustrierten Blatt einer augenblicklich modernen Zeitstimmung Ausdruck, indem er über die Technik im allgemeinen und über die Verkehrs- und Nachrichtentechnik im besonderen herzog. Wer den Aufsatz gelesen hat, wird unwillkürlich denselben Gedanken gehabt haben wie ich: „Was würde Herr Moszkowski wohl sagen, wenn er in das ungeheizte und unbeleuchtete fensterlose Zimmer etwa einer mittelalterlichen Burg versetzt würde. oder wenn nur die Elektrizitätswerke oder die Post einmal streiken würden." Er würde schon aus Gründen seiner persönlichen Bequemlichkeit schnell zur Partei derer, die die Technik verhimmeln, übergehen. (Die Antwort eines anderen Autors auf diesen Artikel war übrigens stellenweise sehr lahm.)

Der große Vorwurf, der da erhoben wurde, lautet kurz formuliert etwa so: „Die Technik raubt der Menscheit geistige Güter, insbesondere die Verkehrs- und Nachrichtentechnik, denn sie vernichtet die Romantik und die Exotik."

Die Weltraumrakete vernichtet diesen Vorwurf Moszkowskis in einer Ausdehnung, wie es auf andere Weise gar nicht möglich wäre. Denn es ist doch wirklich nicht möglich, sich etwas Romantischeres vorzustellen als eine Fahrt ins All, und sich den Begriff exotisch noch weiter zu spinnen, als es die Oberfläche eines anderen Planeten ist. Diese Romantik und Exotik höchster, angespanntester Art wird aber durch das modernste Mittel der Verkehrstechnik nicht vernichtet, sondern überhaupt erst erreicht!

Es drängt von allen Seiten auf die Rakete hin. Es ist wirklich nicht mehr phantastisch und vermessen, vom Weltenschiff zu reden, so wie man es von einem anderen Fahrzeug tut, das wohl nach üblichen Prinzipien konstruiert werden soll, selbst aber noch zu bauen ist. Und der Satz, mit dem unser Buch jetzt beschlossen wird, wird in wenig Zeit eine allgemeine und landläufige Binsenweisheit sein: D e r W e l t r a u m r a k e t e g e h ö r t d i e Z u k u n f t!

W. L.

Literaturverzeichnis und Anmerkungen

Professor Hermann Oberth, Die Rakete zu den Planetenräumen. III. Aufl. 1928. (München und Berlin, R. Oldenbourg.) Das Standardwerk der Raketenkunde. Genaue Angaben über das Verhalten des menschlichen Organismus bei abnormem Andruck, Beschreibung der Konstruktion eines Versuchsmodelles, Gedanken über eine kommende Beobachtungsstation im Weltenraum. Zum großen Teil auch für Laien verständlich.

Professor Robert H. Goddard, A method of reaching extreme altitudes. (Washington 1919, Smithsonian Institution.) Sehr interessant, enthält Angaben über Experimente mit festen Brennstoffen (Pulvern). Leider werden nähere Konstruktionsangaben nicht gemacht, so daß man Zusammenhänge mit dem amerikanischen Wehrministerium vermutet.

Dr. Franz Edler v. Hoefft, Die Eroberung des Weltalls in Flugzeug und Yacht (Wien, Maiheft 1926), enthält die Grundlagen der Weltraumschiffahrt mit besonderem Bezug auf die Steuerungsvorschläge des Verfassers, die Oberth in seiner 2. Auflage (Anhang) akzeptiert hat. — Des weiteren zahlreiche Aufsätze in Zeitungen mit neuen Vorschlägen für das Transatlantikraumschiff, die Außenstation usw.

Professor Ziolkowsky, Вне земли (Außerhalb der Erde). Moskau 1920. Entwickelt in populärer Form die Grundprinzipien der Raketentheorie und die Aussichten der Raketentechnik. Interessant zu lesen, wenn auch sachlich überholt. Ракета в космическое пространство (Eine Rakete in den kosmischen Raum). Kaluga 1924. Gedrängte Zusammenfassung der wichtigsten Ideen Ziolkowskys. Die vorgeschlagenen Apparate sind im ganzen unausführbar, doch bringt das Buch wertvolle Einzelheiten, die z. T. in der übrigen Raketenliteratur bis 1928 nicht zu finden sind.

Professor N. Rynin, Zwischenplanetenverkehr. Leningrad 1928. (Russisch.) Bringt eine reichillustrierte, anscheinend sehr eingehende Darstellung der Entwicklung des Raumfahrtgedankens von der frühesten Vergangenheit bis zur Gegenwart. (Nach Mitt. Dr. Hohmanns.)

R. Esnault-Pelterie, L'exploration par fusées de la très haute atmosphère et la Possibilité des Voyages Interplanétaires. Paris 1927. (Auch als Sondernummer der „L'astronomie, 42e année, Suppl. au Bulletin de mars 1928".) 96 Seiten, gründliche Studie. Dem Verfasser sind die Bücher von Goddard, Oberth, Hohmann und Valier bekannt, doch wird nur Goddard im Text berücksichtigt, die anderen nur im Vorwort erwähnt

Dr.-Ing. Walter Hohmann: Die Erreichbarkeit der Himmelskörper. (München 1925, R. Oldenbourg.) Wertvolle Ergänzung zu den Werken von Prof. Oberth und Dr. v. Hoefft. Exakte Nachprüfung und rechnerische Darlegung der Fahrtkurven und Fahrtzeiten eines Raumschiffes für verschiedene Ausströmungsgeschwindigkeiten.

Max Valier, Der Vorstoß in den Weltenraum. 3. Aufl. 1928. München, R. Oldenbourg. Eine mehr populäre Darstellung der Ideen Professor Oberths, ergänzt durch eigene Gedanken des Verfassers nicht immer in glücklicher Weise.

Willy Ley, Die Fahrt ins Weltall. (Leipzig 1926, Hachmeister & Thal.) Kurzgefaßte und absolut allgemeinverständliche Darstellung des Raumfahrtproblems.

Die große Zahl von Einzelabhandlungen in Zeitungen, Zeitschriften und Magazinen Deutschlands und Österreichs von Max Valier, Dr. F. v. Hoefft, Otto Willi Gail, Willy Ley und anderen Autoren braucht hier nicht erwähnt zu werden, da sie inhaltlich mit den vorstehenden Werken übereinstimmen. Einige aus Zeitschriften und von Gegnern folgen.

Einzelabhandlungen.

Professor Ziolkowsky, Нсследование мировых иространств реактивными ириоорами (Erforschung der Weltenräume durch Reaktionsapparate). Zeitschrift: Вестник Возпухоилаванія (Mitteilungen über Luftschiffahrt) 1911—1913. Nur noch historisch interessant. Desgl. die 1896 und 1903 erschienenen Notizen Ziolkowskys.

Dr. Heinrich Hein, Der Schuß in den Weltenraum (im Prinzip bejahend). Kosmos 1925 S. 149.

Dr. Karl Debus, Weltraumschiffahrt usw. (literarhistorisch). Hochland (München 1926/27) Heft X.

Max Valier, Der Flug in den Weltenraum. Wissen und Fortschritt (Berlin) Nr. 4 vom Juli 1927. Vgl. S. 138ff.

Bruno H. Bürgel, Der Flug zum Monde (durchaus zustimmend). Die Grüne Post Nr. 3 vom 24. April 1927.

Geh.-Rat Dr. Lorenz, Problem der Weltraumfahrt. (Gegner, begreift nicht das Stufenprinzip und rechnet auch sonst mit einer größeren Anzahl durchsichtiger Fehler. Die Aufnahme der gründlich widerlegenden Antwort Prof. Oberths, die Nov./Dez. 1927 in der „Rakete" erschien, wurde, ebenso wie eine Zuschrift Dr. Hohmanns, „wegen Platzmangels" abgelehnt.) Zeitschrift d. V. D. I. vom 19. Mai 1927.

P. Dittrich, Ist eine Fahrt zum Mond möglich? (Ebenfalls Gegner, ist der kindlichen Ansicht, die Rakete stütze sich auf den Feuerstrom und könne nicht arbeiten im leeren Raum, weil da nichts sei, an dem man sich abstoßen könne! Also unheilbar.) Urania Heft 8 1926/27.

H. I. Gramatzki, Ist die Weltraumfahrt wirklich möglich? (Antwort auf einen Artikel von Max Valier in der Nummer vom 16. Februar 1927 derselben Zeitschrift, im Prinzip bejahend.) Hackebeils Illustrierte vom 23. Februar 1927.

O. W. Gail, Kommt die Mondrakete? „Nachtausgabe" (Berlin) vom 29. August 1927.

Ing. Guido von Pirquet, Kann der Mensch die Erde verlassen? „Reichspost" (Wien) vom 1. Januar 1928.

Dr. F. v. Hoefft (Wissen und Fortschritt, Berlin, Aprilheft 1928).

Dr. h. c. Ing. et phil. August von Parseval, Das Raumschiff. — Major a. D. H.-W. v. Dickhuth-Harrach, Probleme der Mondfahrt (beide durchaus zustimmend; im „Berliner Tageblatt" vom 8. Februar 1928).

Die Rakete. Zeitschrift des Vereins für Raumschiffahrt E. V. Breslau 13, Hohenzollernstr. 63—65. Erscheint am 15. jedes Monats.

Anschrift der wiss. Gesellschaft für Höhenforschung. Wien II, Darwingasse 34 (Dr. v. Hoefft).

Das Projekt Franz Abdon Ulinskis wurde zum ersten Male veröffentlicht in einer Sondernummer der Wiener Zeitschrift „Der Flug".

Die durch viele Zeitungen gegangenen Pläne der Franzosen Mas und Greffigny (Rohrposttunnelplan) wurden zum ersten Male veröffentlicht in der französischen Zeitschrift „Je sais tout" vom 1. April 1927.

Einige weitere Zeitschriftenartikel sind im Buchtext erwähnt.

Notizen.

1. Kursierende Pressegerüchte über Raketenaufstiege in Deutschland mit Hilfe ausländischen (englischen) Kapitals gehen wahrscheinlich auf die Bestrebungen eines Berliner Ingenieurs Schwefler zurück, der mit der Behauptung, die Schwere aufheben zu können, Geld für Versuche zu sammeln bestrebt ist.

2. Nach den freundlichen Mitteilungen Ing. von Pirquets scheint es, daß die Abwehr katholischer und überhaupt kirchlicher Kreise, deren evtl. Motive im Schlußwort gekennzeichnet wurden, nur zu Anfang sich bemerkbar machte und seitdem ins Gegenteil übergeschlagen ist. Hat doch sogar der österreichische Bundeskanzler Seipel in einer Rede vor dem kath. Studentenbund das Weltraumschiff mit sympathisierenden Worten erwähnt. Der Gesinnungswechsel, den aber wohl nur kleine Kreise der kirchlichen Bevölkerung durchzumachen brauchten, ist aufs wärmste zu begrüßen.

3. Der bekannte Astrologe A. Frank Glahn hat während der Drucklegung des Werkes auch das Horoskop von Dr. v. Hoefft gestellt und bezeichnet die astrologische Voraussage als durchaus günstig.

4. Die Pläne Dr. v. Hoeffts wurden erstmalig veröffentlicht in der „Rakete" vom 15. März.

5. Übersetzungen der ausländischen Werke werden zurzeit vorbereitet und voraussichtlich in Kürze erscheinen.

Schriften zur Frage der Belebtheit anderer Weltkörper

F. Linke, Die Verwandtschaft der Welten. (Leipzig 1925, Quelle & Meyer.) Enthält neben vielem Wertvollen und Interessanten am Schluß leider auch eine total verunglückte und äußerst amüsant zu lesende Kritik an der „Rakete zu den Planetenräumen". Man kann den Hauptfehler

Linkes nicht wiedergeben, ohne ihn für alle Zeiten unsterblich—lächerlich zu machen!

Dr. M. Wilh. Meyer, Bewohnte Welten. (II. Aufl. 1909. Leipzig, Th. Thomas.) Veraltet!

Dr. Robert Klumak, Die Bewohnbarkeit fremder Welten. (Heft 18 Jahrg. III der Kultur, Wien.)

Dr. Hermann Dekker, Planeten und Menschen. (Stuttgart 1926, Kosmosbändchen.) Recht wertvoll.

H. J. Gramatzki, Der Mensch und die Planeten. (Berlin 1922, Pyramidenverlag.) Vergriffen.

Willy Ley, Mars der Kriegsplanet. Leipzig 1927, Hachmeister & Thal.)

E. Teichmann, Ursprung des Lebens. (Neufinkenkrug 1913, Hermann Paetel.)

Dr. A. Lipschütz, Anfang des Lebens. (Leipzig, Th. Thomas.)

Prof. Dr. Ernst Schwalbe, Die Entstehung des Lebendigen. (Jena 1914, G. Fischer.)