

# Natur und Technik

Zeitschrift der Gesellschaft für Natur u. Technik

5. Jahrgang  
1951

WIEN



Verlagsbuchhandlung Natur und Technik



# FRAGEN DER WELTRAUMFAHRT

Wir freuen uns eine grundlegende Arbeit von einem der österreichischen Pioniere der Weltraumfahrt bringen zu können.

Dr. Franz Hoeffft:

## Treibstoffe der Zukunft

Das Problem der Weltraumfahrt ist im Grunde genommen ein Stoßproblem.  $Mv = mc$ . Das Produkt der Hauptmasse ( $M$ ) der Rakete mal ihrer Geschwindigkeit ( $v$ ) ist gleich dem Produkt der abgeschleuderten Masse ( $m$ ) mal deren Geschwindigkeit ( $c =$  Auspuffgeschwindigkeit). Da aber die Energie  $E = \frac{Mc^2}{2}$ , muß also  $c = \frac{2E}{m}$  sein, die Abstoßungsgeschwindigkeit oder Auspuffgeschwindigkeit der aus der Düse entweichenden Gase hängt also im wesentlichen von dem Energieinhalt der Treibstoffe ab. Die Leistungsfähigkeit eines Raumschiffes wird

nach der Formel  $v_1 = c \log \text{nat} \frac{M_0}{M_1}$  bemessen, das heißt, die Endgeschwindigkeit  $v_1$  die das Raumschiff nach Verbrauch der gesamten Treibstoffe erreichen kann, ist gleich der Abstoßgeschwindigkeit ( $c$ ) der Betriebsstoffe mal dem natürlichen Logarithmus des Massenverhältnisses zwischen der Anfangsmasse  $M_0$  und der Endmasse  $M_1$  nach Verbrauch aller Treibstoffe. Daraus ergibt sich, daß  $M_0$  weniger  $M_1$  das Maß der mitzunehmenden Treibstoffe ist. Ein Flugzeug z. B., das die doppelte Menge seiner Leermasse an Betriebsstoffen mitnehmen kann, steht schon an der Grenze der Ausführbarkeit. Es ist aber das Minimum, das man von einem Raumschiff verlangen muß, da erst dann

$v_1 = c$  wird, wenn  $\log \text{nat} \frac{M_0}{M_1}$  eins wird,

was dann der Fall ist, wenn  $\frac{M_0}{M_1} = 2,72$  wird.

Die sekundliche Auspuffmenge  $m_s$  berechnet sich nach  $Mv = mc$ , das heißt die Geschwindigkeitszunahme von  $M$  je Sekunde ist gleich der Auspuffmenge  $m_s$  mal der Auspuffgeschwindigkeit  $c$ . (Die sekundliche

Auspuffmenge  $m_s = \frac{Mb}{c}$ , wobei  $b$  die Beschleunigung von  $M$  ist). Um  $c$  auf ein Maximum und  $m_s$  auf ein Minimum zu

bringen, muß also der Energieinhalt des Treibstoffes ein Maximum sein.

Mustern wir jetzt die chemischen Reaktionen, die zur Verfügung stehen, so finden wir, daß beste Kohle bei der Verbrennung etwa 8000 Cal/kg = 3,200.000 mkg/kg ergibt, Benzin 11.000 Cal = 4,500.000 mkg, Wasserstoff 34.000 Cal = 13,600.000 mkg. Nun müssen wir aber beachten, daß im leeren Raum auch der zweite Partner der Verbrennung, der Sauerstoff mitgeführt werden muß. In den üblichen Pulversorten ist er schon enthalten, dafür hat aber Schwarzpulver auch nur einen Energieinhalt von 700 Cal, Schießbaumwolle von 1100 Cal, Nitroglyzerin von 1400 Cal.

Berechnen wir, wie viel Sauerstoff wir zugeben müssen um eine vollständige Verbrennung von Kohle, Benzin oder Wasserstoff zu erzielen, so können wir aus den chemischen Reaktionsgleichungen folgendes entnehmen.  $C + O_2 = CO_2$ , d. h. 12 Teile Kohle mit 32 Teilen Sauerstoff verbunden geben 44 Teile Kohlendioxyd mit einer Energie-

abgabe von 8000 Cal auf  $\frac{44}{12}$  kg. Ein Kilo  $CO_2$

ergibt daher bloß etwas über 2000 Cal/kg. Bei Benzin, einem Gemisch von Kohlenwasserstoffen als deren Repräsentant wir Oktan nehmen wollen, lautet die Formel  $C_8H_{18} + 12\frac{1}{2} O_2 = 8CO_2 + 9H_2O$  oder 96 Gewichtsteile Kohlenstoff und 18 Gewichtsteile Wasserstoff verbinden sich zu 352 Teilen Kohlendioxyd,  $CO_2$ , und 162 Teilen Wasser,  $H_2O$ , zusammen 514 Teilen Verbrennungsgasen, worin 114 Teile Benzin enthalten sind und 400 Teile Sauerstoff. Durch diese Belastung schwindet also die schöne Energiemenge

von 11.000 Cal/kg wieder im Verhältnis  $\frac{114}{514}$

auf kaum 2440 Cal/kg. Beim Wasserstoff vollends lautet die Gleichung  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ , das heißt 4 Teile H + 32 Teile O geben 36 Teile Wasser. Also müssen wir die imponierende Energie des Wasserstoffs von 34.000 Cal durch 9 dividieren! Wir kommen also nicht einmal auf 3800 Cal/kg!

Nun ist nicht nur das Gewicht, sondern auch das Volumen der Treibstoffe zu beachten. Sofort ergibt sich, daß nicht daran zu denken ist, gasförmige Stoffe wie Wasser-

stoff und Sauerstoff unter gewöhnlichen Verhältnissen mitzunehmen, da die Behälter viel zu schwer und der Luftwiderstand beim Aufstieg viel zu groß werden würde. Diese Gase müssen also vorher zu Flüssigkeiten kondensiert werden. Das hat denn auch seine Schwierigkeiten, denn Sauerstoff siedet bei  $-183^{\circ}$ , Wasserstoff gar bei  $-252^{\circ}$ ! Flüssiger Sauerstoff nimmt etwa dasselbe Volumen ein wie das gleiche Gewicht Wasser, aber flüssiger Wasserstoff fast 10 mal soviel! Das ist sehr hinderlich bei der Erreichung günstiger Massenverhältnisse, so

daß bei Wasserstoff kaum ein  $\frac{M_n}{M}$  von 3 zu erreichen sein wird, wegen des Gewichtes der umfangreichen wärmeisolierenden Behälter.

Dies sind aber alles günstigste Werte, die sich bei theoretisch vollständigen Reaktionen vollziehen. Keine kann aber wirklich vollständig sein, einmal wegen der starken Dissoziation bei hohen Temperaturen, dann wegen der Reibung beim Ausströmen usw. In der Praxis wird man also mit sehr beträchtlichen Reduktionen rechnen müssen. Ein Ausweg bietet sich da in der Mehrstufigkeit, wenn es mit einer Stufe und den verfügbaren Treibstoffen durchaus unmöglich ist, die nötigen kosmischen Geschwindigkeiten zu erreichen. Da das Startgewicht aber dabei potenziert zunimmt und es wenig vorteilhaft ist, jedesmal den Hauptteil des Schiffes zu verlieren, indem man es auf die Köpfe der unglücklichen Erdbewohner fallen läßt, ist auch das nur ein Ausweg von sehr zweifelhaftem Werte. Eine weitere Schwierigkeit bringt die monate- ja jahrelange Dauer der Fahrten zu unseren Schwesterplaneten, mit einer ebensolangen Andruckslosigkeit, mit sich. Zugegeben, daß sich die erforderlichen kosmischen Geschwindigkeiten um sich überhaupt von der Erde zu lösen und in einer tangierenden Ellipse in die Umlaufbahn eines Nachbarplaneten einzulenken, vielleicht schon mit den heutigen Treibstoffen mit mehrstufigen Aggregaten von mehreren 1000 t Startgewicht erreichen lassen, selbst wenn auch für die Rückfahrt vorgesehen wird, wie schwierig und wie kostspielig wird das werden! Auch in dem Falle, wenn als Startplatz eine Außenstation dient, die die Erde in 1000 km Höhe jenseits der Atmosphäre umkreist.

Aber schon zur Erreichung dieser Station, die das Minimum an Höhe darstellt, da tiefer der Luftwiderstand die Kreisbewegung bald vernichten würde, ist selbst ein RHV\*), meine Konstruktion eines gemischt mit Alkohol und Wasserstoff getriebenen 2 Personen-Raumschiffes, nur unter Abwerfung eines Alkoholschwanztanks befähigt (also eine bedingte Zweistufigkeit), weil dieser zur Rückkehr nur eine minimale Verzögerung von einigen 100 m/sec braucht, da er befähigt ist, seine Geschwindigkeit ohne Schaden am Luftwiderstand totzulaufen.

Diese Ausführungen lassen erkennen, wie wünschenswert der Ersatz der erwähnten Treibstoffe durch weitaus mächtigere wäre. Ich hatte Entwürfe mit Antrieb durch Atomenergie bereits 1910 fertig und habe in der Wiener Zeitschrift „Flugzeug und Yacht“ 1926 zum erstenmal darüber publiziert. Da es damals aber unmöglich war, Atomenergie praktisch frei zu machen, wandte ich mich der Konstruktion von Flüssigkeitsraketen zu und glaube auch jetzt noch in meinem Typ RHV einen Vorschlag gemacht zu haben, der alle Vorzüge vereinigt. Für den Aufstieg hat er von vorn oder oben die Spitzgranatenform, die aber nach hinten so abgeflacht ist, daß eine Tragfläche zur Gleitlandung entsteht. Zum Abbremsen der kosmischen Geschwindigkeit in der Atmosphäre sind auch die Düsen in doppelter Pfeilform abgeschnitten und gewähren wie die Tragflächen daher automatische Stabilität. Sie haben einen Wassermantel, da ich wirksame Kühlung von dünnen Leichtmetallflächen für viel sicherer halte als feuerfeste Auskleidung, zumal wenn man stets darauf sieht, daß der Sauerstoff im Verhältnis zum Brennstoff immer im Minimum ist, so daß niemals oxydierende, sondern stets nur reduzierende Flammen entstehen. Bei Wasserstoff hat man den weiteren Vorteil, daß die Auspuffgeschwindigkeit steigt, da das mittlere Molekulargewicht herabgedrückt wird.

Einen weiteren Vorzug sehe ich in der von mir zuerst vorgeschlagenen Gasturbine, die durch das Gemisch selbst getrieben wird, nachdem sie durch einen geringen Überdruck in den Brennstofftanks in Betrieb gesetzt wurde und durch die damit verbundene Zentrifugalpumpe durch äußerst feine Löcher Brennstoff und Sauerstoff so fein ge-

\*) Raumschiff Hoefft V.

mischt ineinander spritzt, daß ideale Mischung erreicht wird. Da die Pumpe nur aus einem Radkranz mit peripherischen Löchern besteht, hat es keine Schwierigkeit, mehrere Radkränze übereinander zu stellen und daher durch eine Regulierung die Brennstoffmischung von reinem Alkohol beim Start auf reinen Wasserstoff beim Schlußantrieb kontinuierlich umzustellen.

Beim Bremsflug liegt der Hauptvorteil darin, daß die Düsen voranstehen, wegen ihrer Form automatisch stabilisieren, fast die ganze Bremswärme in Luftwirbel verwandeln und selbst sich nicht wesentlich erhitzen, da der Dampf ihres Kühlwassers durch sie abläßt. Wegen der Form des RHV mit dem stärksten Querschnitt in den Düsen wird das Schiff von den heißen Luft- und Dampfschwaden bei Überschallgeschwindigkeit überhaupt nicht getroffen. Mit Unterstützung durch einen Alkoholschwanztank ist damit ein Kunstmond zu erreichen in 1000 km Höhe, wo eigene Raumschiffe eintreten. Ich kehrte mich aber trotz aller dieser Vorzüge von diesen Entwürfen ab, als die Atomenergie in den praktischen Bereich der Möglichkeit kam und kehrte zu meinem Projekt von 1910 ARH1 = Atomrückstoßfahrzeug Hoefft I zurück, einem zweigespitzten Panzerauto von Zigarrenform von 7,5 Meter Länge und 1,5 Meter Durchmesser gleichend, das 4 drehbare Düsen an beiden Seiten trägt. Aus diesen soll ein Heliumstrom (He) mit etwa 15.000 km/sec austreten. Durch neuere Untersuchungen ergibt sich, daß das Leichtmetall Lithium,  ${}^7\text{Li}$ , durch Protonenbeschuß in das Isotop  ${}^8\text{Li}$  übergeht, welches radioaktiv instabil sofort mit großer Gewalt in  $2\text{He}$  zerfällt. Natürlich kann man statt Li auch Pu oder  ${}^{235}\text{U}$  verwenden. Elektrische Widerstände an einem Kreisel steuern automatisch den Protonenbeschuß in den 4 Düsen so, daß die Stabilität und die Richtung des Schiffs stets eingehalten wird. Sind die Düsen nach unten gerichtet, erfolgt senkrechter Auftrieb, sind sie nach hinten gestellt, Vortrieb; so sind alle Kombinationen möglich. Man sieht, daß dadurch ein Universalfahrzeug entsteht, das auf der Erde als Auto, im Wasser als Boot und U-Boot, in der Luft als Flugzeug und im Weltraum als Raumschiff verwendbar ist. Bemerkte muß noch werden, daß Nebendüsen damit gekuppelt sein müssen, die Elektronen abstrahlen, weil sich das Schiff

sonst negativ aufladen würde, da die Helionen ständig positive Ladungen entführen. Diese positiven Heliumstrahlen in der Düsenrichtung auszurichten, müßte durch entsprechende elektrische und magnetische Felder gelingen, worüber Näheres anzuführen derzeit verfrüht wäre.

Der ausschlaggebende Faktor ist aber die kolossale Energiemenge, die man im Li mitführen kann. Wiegt das leere Fahrzeug 2 t und das mit Li betankte 5,4 t, so sind nach

der Rückstoßformel  $v_1 = c \log \text{nat} \frac{M_0}{M_1}$ ,  $v_1 = c$ ,

das heißt, die ideale Endgeschwindigkeit des Schiffs ist gleich der Ausströmungsgeschwindigkeit des Heliums aus den Düsen, also 15.000 km/sec. Das heißt, daß eine Beschleunigung  $b = 10 \text{ m/sec}^2$  durch 1.500.000 sec erteilt werden kann, wobei die Abstrahlmenge pro Düse nicht 1 Gramm/sec maximal erreicht. Natürlich wird diese Menge immer kleiner, in dem Maße, als das Raumschiffgewicht durch den Treibstoffverlust und die Erdschwere mit der Entfernung von der Erdoberfläche abnimmt.

Nehmen wir an, daß, um möglichst die irdischen Bedingungen zu erhalten, eine wirkliche Beschleunigung von  $10 \text{ m/sec}^2$  ständig eingehalten werden soll, so wird im Maße als die Erdschwerkraft durch die Entfernung von der Erdoberfläche quadratisch geschwächt wird, von dem Anfangswert des Düsenrückstoßes von  $g = 10 \text{ m/sec}^2 + g_1 = 9,8 \text{ m/sec}^2$  (Erdschwerkraft) =  $19,8 \text{ m/sec}^2$  auf  $g = 10 \text{ m/sec}^2$  zurückgegangen. Nach den Formeln  $v = g \cdot t$  und  $s = g/2 \cdot t^2$  kann man leicht berechnen, daß so ein „Fall nach oben“ mit  $g = 10 \text{ m/sec}^2$  nach 200.000 km (der halben Mondentfernung) schon eine Geschwindigkeit von 63 km/sec erreicht. Jetzt wird durch ungleiche Beaufschlagung der Düsen das Schiff unmerklich um  $180^\circ$  gedreht und die Düsen, welche zuvor mit  $g = 10 \text{ m/sec}^2$  auf den Mond zu beschleunigten, verzögern auf den zweiten 200.000 km mit derselben Gewalt, so daß man mit der Geschwindigkeit Null auf dem Monde aufsetzt. Dazu brauchen wir nach obigen Formeln etwa  $3\frac{1}{2}$  Stunden. Die 40 Millionen Kilometer zur Venus schaffen wir in derselben Weise in 35 Stunden, die 70 Millionen Kilometer zum Mars in einigen 40 Stunden und selbst in der Konjunktion mit einem Bogen um die Sonne herum in höchstens

# Aufbau und graphische Systematik der stabilen Atomkerne

Mit drei Übersichtstafeln nach Zeichnungen des Verfassers

Nach der Theorie von W. Heisenberg (1932) sind die Atomkerne der chemischen Elemente aus Protonen und Neutronen aufgebaut. Die Anzahl der im Kern befindlichen Protonen + Neutronen ergibt die Massenzahl. Das Proton ist mit dem Atomkern des Wasserstoffs  ${}^1_1\text{H}$  identisch. Kommt zu dem Kern des Wasserstoffs  ${}^1_1\text{H}$  noch 1 Neutron hinzu, so liegt ein Deuteron ( $d$ ), der Kern des „schweren“ Wasserstoffs (Deuterium  ${}^2_1\text{H}$  oder  $D$ ) mit der Massenzahl 2 vor, von dem sich das „schwere Wasser“ ( $D_2O$ ) ableitet. Unter 100.000 Wasserstoff-Atomkernen gibt es im Durchschnitt 99.984 „normale“ Kerne und nur 16 Kerne des „schweren“ Wasserstoffs.

Das nächste Element ist das Helium ( $He$ ). Auf Grund seiner Kernladungszahl 2 sind im Kern 2 Protonen enthalten. Da seine Massenzahl jedoch 4 beträgt, müssen im Kern auch noch 2 Neutronen enthalten sein. Die Häufigkeit der Heliumkerne mit der Massenzahl 4 beträgt fast 100%. Eine sehr geringe Menge von Heliumkernen (zirka  $1,2 \times 10^{-4} \%$ ) enthält nur 1 Neutron und weist daher die Massenzahl 3 auf.

Beim Lithium ( $Li$ ), das die Kernladungszahl 3 besitzt, enthalten von je 1000 Atom-

kernen durchschnittlich 75 Kerne je 3 Neutronen (Massenzahl daher = 6) während 925 Kerne je 4 Neutronen enthalten und daher die Massenzahl 7 aufweisen.

Elemente, die nur aus einer Atomkernart gebildet werden, nennt man Reinelemente. Ihre Kernladungszahlen sind, mit Ausnahme von Beryllium ( $Be$ ), stets ungerade. Mischelemente besitzen verschiedene Arten von Atomkernen, die sich durch die Neutronenzahl und damit auch durch ihre Massenzahl unterscheiden. Solche Kerne mit gleicher Ladungszahl aber verschiedenen Massenzahlen werden Isotopen genannt. In den nachfolgenden Tafeln bilden die isotopen Atomkerne waagerechte Reihen.

Atomkerne, die bei verschiedenen Ladungs- und Massenzahlen die gleiche Anzahl von Neutronen aufweisen, werden isotone Kerne genannt; sie stehen in den Tafeln über den Neutronenzahlen und bilden fallweise senkrechte Reihen.

Atomkerne, die bei verschiedenen Ladungs- und Neutronenzahlen die gleiche Massenzahl aufweisen, werden isobare Kerne genannt. Sie sind auf den Tafeln durch schräge, strichlierte Linien miteinander verbunden.

Die nachfolgenden drei Tafeln stellen ein Aufbauschema aller stabilen Atom-

100 Stunden. Der Hauptvorteil dieser Fahrweise ist die ständige Aufrechterhaltung eines Andruckes und weiters, daß man sich nicht viel um tangierende Ellipsen zu kümmern braucht, denn bei einer Maximalgeschwindigkeit von 600—1000 km/sec zu Venus und Mars kann man in der Tat nahezu geradlinig fliegen, da die Sonnenbeschleunigung dagegen nicht ins Gewicht fällt. Jetzt erhebt sich nur die Frage, ob solche energiereiche Reaktionen wirklich möglich sind. Die Fachleute bejahen dies eindeutig. Materie und Energie setzen sich ineinander um nach der Formel  $E = mc^2$ , wobei  $c$  die Lichtgeschwindigkeit von 300.000 km/sec bedeutet.

Daraus folgt, daß ein kg Masse, das sich vollständig in Strahlung verwandelt, eine Energie von 25 Milliarden kWh darstellt.

6 bis  $9 \%$  davon werden frei, wenn sich Wasserstoff zu höheren Atomen kondensiert, und zwar  $6 \%$  = 150 Millionen kWh, wenn dies zu Lithium,  $7,5 \%$  = 190 Millionen kWh, wenn dies zu Helium geschieht. Die Differenz von 40 Millionen kWh muß also frei werden, wenn Lithium in Helium zerfällt. Dazu müssen wir noch die Energie der Kondensation des zutretenden Protons zu Helium rechnen und erhalten in der Tat 58 Millionen kWh/kg für den Lithium-Heliumprozeß.

Daß dies theoretisch ausführbar ist, versichern alle Fachleute und ich möchte glauben, wenn nur die Hälfte dessen, was für die Herstellung von Vernichtungswaffen ausgegeben wird, für dieses Ziel zur Verfügung stünde, dieses in wenigen Jahren oder Jahrzehnten auch praktisch erreichbar wäre.

# FRAGEN DER WELTRAUMFAHRT

## Noch einmal Treibstoffe der Zukunft

Im Interesse des Fortschrittes in Technik und Wissenschaft freuen wir uns, die Stellung eines Fachmannes auf dem Gebiet der Atomphysik bringen zu können, der uns zu dem im letzten Heft erschienenen Beitrag von Dr. Hoeffft mitteilt:

In dem Aufsatz wird u. a. die von Cockroft und Walton 1932 entdeckte Kernreaktion  $3 \text{ Li } 7 (p, \alpha) 2 \text{ He } 4$  als mögliche Energiequelle zum Betrieb eines Weltraumschiffes erwähnt. Der Ablauf dieser Kernreaktion geht nach dem heutigen Stande des Wissens wie folgt vor sich. Das Proton dringt in den Kern des  $3 \text{ Li } 7$  ein, wobei zunächst ein hochangeregter Zwischenkern des Berylliums  $4 \text{ Be } 8$  entsteht und erst dieser zerfällt in einer Zeit, die wesentlich kleiner ist als  $10^{-8}$  Sekunden in zwei Alphateilchen, die mit ungeheurer Wucht auseinanderfliegen und eine Reichweite von 8,4 cm besitzen. Die in dem Aufsatz aufgestellte Behauptung, daß man an Stelle von Lithium auch Plutonium (Pu) oder Uran 235 verwenden könne, entspricht nicht den Tatsachen.

Da ein Proton + ein  $3 \text{ Li } 7$  — Atomkern zusammen eine größere Masse besitzen als die daraus gebildeten 2 Alphateilchen, entsteht ein Massenverlust, der sich aus den Isotopengewichten von Proton, Lithiumatomkern und den beiden Alphateilchen berechnen läßt: Er beträgt 0,018551 ME (Masseneinheiten) = 18,551 TME (Tausendstel Masseneinheiten). Da 1 TME = 0,931 MeV (Millionen Elektronenvolt) entspricht, ergibt sich für  $18,551 \text{ TME} = 17,3 \text{ MeV}$ . Das heißt, daß jedes der beiden ausgeschleuderten Alphateilchen eine Energie von 8,65 MeV besitzt. In einem Mol Lithium (= 7 g) sind rund  $6 \times 10^{23}$  Lithiumatome enthalten. Die frei werdende Energie berechnet sich daher  $17,3 \times 6 \times 10^{23} \text{ MeV} = 103,8 \times 10^{23} \text{ MeV}$ .  $1 \text{ MeV} = 1,603 \times 10^{-6} \text{ erg}$ ;  $103,8 \times 10^{23} \text{ MeV} = 1,66 \times 10^{19} \text{ erg}$ .  $1 \text{ erg} = 2,39 \times 10^{-11} \text{ Kal}$ ;  $1,66 \times 10^{19} \text{ erg} = 3,96 \times 10^8 \text{ Kal}$ . Das heißt, daß bei der Aufspaltung von 7 g Lithium durch Protonenbeschuß rund 400.000.000 Kalorien frei werden, welcher Energiebetrag 460.000 kWh entspricht. Bei

der Spaltung von 1 kg Lithium würden 57,2 Milliarden Kal oder 65.780.000 kWh frei werden, ein Betrag, der 25 Billionen mkg entspricht.

Die Raketenfachleute mögen an Hand ihrer Formeln berechnen, welche Menge Lithium zur Spaltung gebracht werden müßte, um mit der dabei frei werdenden Energie ein Weltraumschiff von einigen Tonnen Gewicht aus dem Schwerefeld der Erde zu befördern. Damit wäre das Problem des Antriebs zwar auf dem Papier in sehr zufriedenstellender Weise gelöst — in der Frage der praktischen Erzeugung und Ausnutzung inneratomarer Energien ergeben sich vorerst aber noch einige Schwierigkeiten, auf die in diesem Zusammenhange hingewiesen werden soll. Im Gegensatz zur Atomkernspaltung von Uran 235 und Plutonium, von der bei der Atombombe Gebrauch gemacht wird, handelt es sich bei der Proton-Lithiumatomkernreaktion um keine Kettenreaktion, die nur des Anstosses einer einzigen auslösenden Partikel bedarf, um dann von selbst lawinenartig weiter um sich zu greifen und sämtliche Lithiumatomkerne zur Spaltung zu bringen.

Man wird also grundsätzlich einen anderen Weg versuchen müssen, als beim Laboratoriumsversuch, bei dem metallisches Lithium einem Protonenstrom von einigen Hunderttausend eV ausgesetzt wird, wobei auf 10.000.000 Protonenteilchen durchschnittlich nur 1 Lithiumatomkern getroffen wird. Dieser andere Weg könnte vielleicht darin bestehen, an Stelle von metallischem Lithium, dessen Wasserstoffverbindung Lithiumhydrid (LiH) zu verwenden. Den Wasserstoffatomkernen müßte auf thermischem Wege eine so große Energie mitgeteilt werden, daß sie in die Lithiumkerne eindringen können. Dies kann durch „Erhitzen“ des Lithiumhydrids auf Temperaturen erreicht werden, die einer Mindestenergie von 100.000 eV entsprechen. Das sind aber bereits Temperaturen im Betrage von einigen Zehnmillionen Grad, wie sie im Inneren der Fixsterne herrschen mögen! Vor der Erfindung der Atombombe

wäre es völlig absurd gewesen an die Schaffung solcher Temperaturen mit irdischen Mitteln zu denken. Heute wissen wir, daß in der Atombombe im Augenblick ihrer Explosion für Sekundenbruchteile derartig hohe Temperaturen auftreten, so daß die Möglichkeit besteht, den Proton-Lithiumatomkernprozeß als *thermisch* eingeleitete Kettenreaktion in Gang zu setzen. Grob gesprochen, braucht man also nur die Uran 235- oder Plutoniumatombombe in eine beliebig große Menge von Lithiumhydrid (einer glasartigen festen Masse) einzubauen und das Ganze mit einem Mantel aus einem geeigneten „tamper“-Material zu umgeben, der die Aufgabe hat, das Zerbersten der Bombe so lange hinauszuzögern, bis sich die in Gang gesetzten Atomkernprozesse möglichst vollzählig abgespielt haben. Die im Augenblick der Detonation zu vielen Trillionen frei werdenden Spaltprodukte des Urans oder Plutoniums, die mit einer Energie von 100 MeV auseinanderfliegen, könnten den Kernen des Wasserstoffs ohneweiters die notwendige Energie erteilen, um mit den Lithiumkernen wie oben beschrieben in Reaktion zu treten. Durch die bei

diesem Prozeß neuerdings frei werdenden und weiter oben berechneten Energien würde die Temperatur nochmals ansteigen und so den vollständigen Ablauf aller Proton-Lithiumatomkernreaktionen gewährleisten.

Im Auftreten von Temperaturen, die nach vielen Millionen Grad zählen, liegt jedoch der entscheidende Punkt in der Frage der Antriebsenergie eines Weltraumschiffes durch Atomkernkräfte. Es mag Materialien geben, die dem ungeheuren Druck- und den Millionen-Grad-Temperaturen der detonierenden Atombombe für den Zeitraum einer 1.100.000 bis 1/1000 Sekunde standhalten — es wird aber niemals ein irdisches Material gefunden werden können, das durch die Energiewirkung nicht im Augenblick der Detonation vollständig „atomisiert“ würde. Es besteht daher auch wenig Hoffnung, die von Dr. Hoeffft vorgeschlagenen „elektrischen Widerstände in den Düsen“ zu verwirklichen. Eine einmal in Gang gesetzte Atomkern-Kettenreaktion läuft im Bruchteil einer Tausendstel Sekunde ab und kann infolge der auftretenden Energien (Temperatur) durch nichts mehr gesteuert werden.

S. Oehlinger.

---

## Ein Blick zum Sternenhimmel im Mai

Die am 22. stattfindende westliche Elongation des *Merkur* bringt keine für unsere Breiten nennenswerte Sichtbarkeit am Morgenhimmel. Die *Venus* hingegen erstrahlt immer auffälliger am Abendhimmel, nicht nur, weil mit der schönen Jahreszeit die Zahl der klaren Abende zunimmt, sondern auch weil sich ihr scheinbarer Abstand von der Sonne noch vergrößert. Anfang Mai geht der Abendstern um 22¼, Ende um 23¼ Uhr im Nordwesten unter. Ein schönes Himmelsbild wird am 9. die Begegnung der schmalen Mondsichel mit dem glanzvollen Abendstern bieten. Der Abendstern bleibt bei dieser Konjunktion ein erhebliches Stück unter dem Mond. Der scheinbare Winkeldurchmesser der Venus nimmt im Mai von 15 auf 19 Bogensekunden zu, so daß auch schon mit kleineren Fernrohren die abnehmende Phase der Venus verfolgt werden kann. *Mars* ist in den Sonnenstrahlen ver-

borgen und unsichtbar, da er im 22. im Gleichschein mit der Sonne steht. Damit beginnt eine neue Sichtbarkeitsperiode unseres Nachbarplaneten, die aber erst im kommenden Jahr zu einer Annäherung, zu einer Marsopposition, führen wird. Mars steht derzeit jenseits der Sonne im erdfernten Bereich seiner Bahn. *Jupiter* geht Anfang Mai um 3½, Ende um 1¼ Uhr auf und steht in der Fischen in der Nähe des Himmelsäquators, den er nordwärts überschreitet und somit nach jahrelanger Unterbrechung wieder auf die Nordhälfte des Himmels übertritt. Fast zur gleichen Zeit, da *Jupiter* auf geht, geht *Saturn* im Westen unter. Der Ringplanet bewegt sich weiterhin langsam im Bilde der Jungfrau und hat am 16. eine Begegnung mit dem Mond. *Uranus* ist nur mehr in der ersten Nachthälfte zu beobachten, während *Neptun* noch fast die ganze Nacht zu sehen ist.

**Haben Sie schon einen neuen Abonnenten gewonnen?  
Zeigen Sie dieses Heft Ihren Bekannten!**





# FRAGEN DER WELTRAUMFAHRT

## Treibstoffe der Zukunft

Zu diesem Problem erhielten wir als Erwiderung auf die in Heft 3 veröffentlichten Ausführungen von Dipl. chem. S. Oehlinger von Dr. Franz Hoefft die folgenden Zeilen, mit denen wir die Diskussion beschließen.

Meine Ausführungen gründen sich auf Angaben von Prof. Thirring und sollen, wie deutlich gesagt, nur für eine weiterentwickelte Zukunft gelten. Daß man zur Raumschiffahrt auch Plutonium und Uran 235 verwenden kann, ist selbstverständlich, wenn auch natürlich nicht zur Abstrahlung von Helium sondern von Krypton, Barium usw. Dozent Dr. Cap hat sogar vorgeschlagen, diese zur Anheizung von ausstoßendem Wasserstoff zu verwenden, wobei man allerdings um den lästigen flüssigen Wasserstoff wieder nicht herumkommt.

Daß die Lithiumspaltung in 2 He keine Kettenreaktion ist, ist auch mir bekannt und sogar sehr willkommen, denn ich bin mir nicht im unklaren, daß von einer Steuerung einer solchen schwer die Rede sein kann. Der Vorschlag, einen Uran-235- oder Plutoniumkern in eine Hülle von Lithiumfluorid und in einen Tamper einzuschließen, kann wohl eine sehr wirksame Atombombe ergeben, aber niemals einen brauchbaren Antrieb für Raumschiffe! Dazu muß man ganz andere Mittel ergreifen! Der Antrieb muß natürlich streng regulierbar sein, von Null aufwärts, und sich nur auf einen winzigen Teil des Treibstoffs gleichzeitig aus-

wirken. Wie man zu diesem Zweck Uran oder Plutonium mit Lithiumhydrid, das ich nach dem Vorschlag Thirrings ebenfalls in Aussicht genommen hatte, kombinieren, und wie die gleichmäßige Zufuhr erfolgen soll, ist eine Frage der Zukunft, ebenso wie es gelingen soll, ein Quantum Uran oder Plutonium, das weit unter dem kritischen Durchmesser liegt, zur Kettenreaktion zu bringen.

\*

## Flüssiges Ozon für Raketenantrieb?

Wie auf einer Tagung der Elektro-Chemischen Gesellschaft in Washington bekanntgegeben wurde, ist es gelungen, konzentriertes flüssiges Ozon zu „zähmen“, mit dem man vielleicht eines Tages Raketen zum Mond betreiben wird.

Wie Dr. Clark E. Thorp von der Armour-Forschungsstation in Chicago ausführte, wurde ein technisches Verfahren entwickelt, das die Tendenz des flüssigen Ozons, spontan zu explodieren, erfolgreich bekämpft. Thorp wies im Verlauf seiner Ausführungen darauf hin, daß während des zweiten Weltkrieges deutsche Wissenschaftler vergeblich versucht hatten, eine mit Ozon angetriebene Rakete zu konstruieren, um New York von Basen in Deutschland aus zu bombardieren.

Das Ozon wird dadurch erzeugt, daß man Sauerstoffatome mit sehr schnellen Elektronen bombardiert, man ahmt damit in der Technik einen Vorgang aus der Natur nach, wo das Ozon beim Durchgang von Blitzen durch die Atmosphäre erzeugt wird.



Darin werden wir solche Fragen beantworten, die Probleme berühren, die zweifellos nicht nur beim Anfragenden, sondern auch im weiteren Leserkreise einem regen Interesse begegnen dürfen.

Jede Anfrage muß mit Namen und der Anschrift des Fragestellers gezeichnet sein. Weiters ist ein Kennwort zu wählen, unter dem die Antwort gewünscht wird. Da sich nicht alle Anfragen zur Beantwortung in der Zeitschrift eignen, muß jedem Schreiben Rückporto beigegeben werden. Namenlose Zuschriften oder solche, denen kein Rückporto beiliegt, wandern in den Papierkorb!

**Ophiuchus:** Das Sinnenleben der Schlangen ist noch nicht völlig erforscht. Gegenwärtig wird angenommen, daß das Züngeln der Schlangen dem Geruchssinn diene, wobei die Spaltzunge die Duftstoffe aufnehme, in zwei Grübchen des Gaumendaches speichere, von wo sie durch Empfindungsnerven dem Gehirn vermittelt werden. Daß der

Geruchssinn bei Schlangen eine größere Rolle spielt, geht daraus hervor, daß kranke Tiere nicht züngeln und die der Zunge beraubten regelmäßig eingehen. Schlangen haben ein sehr feines Gehör, aber auf welchem Wege der Schall das Gehörzentrum erreicht, ist auch noch nicht klar, da auf dem Schlangenkopf keinerlei Ohröffnung zu finden ist. Das Schlängenauge ist meist wohlausgebildet, dennoch nehmen diese Reptile die Beutetiere erst auf kurze Entfernungen wahr, besonders dann, wenn vor der Häutung die starre Deckhaut des Auges getrübt ist; bei solchen Gelegenheiten dürften wohl die anderen Sinne durch erhöhte eigene Tätigkeit den Ausfall decken. Auf Ihre weitere Frage, ob es zutrefte, daß der Schlangenblick auf die Tiere, die für die Schlangen zur Nahrung ausersehen sind, einen lähmenden, ja geradezu hypnotischen Einfluß ausübe, der die Opfer an rechtzeitiger Flucht hindere, versichern wir Ihnen, daß diese Meinung ebenso unzutreffend ist, wie viele andere Märchen, die sich an das Leben der Schlangen knüpfen.

**Dr. E. W. Innsbruck:** Beim Wiesen-salbei, *Salvia pratensis* L., weist die Blüte insofern eine Besonderheit auf, als bei den