

# Pädagogische Warte

Zeitschrift für Erziehung u. Unterricht,  
Lehrerfortbildung und Schulpolitik

Herausgegeben von

Dr. F. Schnaß-Hannover und W. Drebes-Magdeburg

Mit der Beilage:

„Die Arbeitsgemeinschaft“

34. Jahrgang 1927





# Pädagogische Warte

BOHN

Heft 1

1. Januar 1927

34. Jahrgang

## Allgemeine Abhandlungen

### Vom Leben im All

Von Dr. H. H. Krieger

Das dauernd wachsende Interesse der Schüler am Sternhimmel führt nicht selten zu der Frage: „Wohnen dort auf anderen Planeten auch Menschen?“ Diese Frage läßt sich durchaus nicht so leicht beantworten, wie das vielfach versucht wird. Der Schüler ist nur selten mit dem Hinweis darauf zufriedengestellt, daß um andere Sonnen genau wie um die unsrige auch Wandelsterne kreisen — die dann ebensogut wie unsere Erde bewohnt sein können. Vielfach ist es erwünscht, der Phantasie ein paar greifbare Anhaltspunkte zu geben, damit sie danach ihre dichterischen Träume weiterspinnen kann. Denn mehr sind schließlich heute die Spekulationen über das Leben im All noch nicht. Es wäre jedoch verfehlt, deswegen von einer ernsthaften Betrachtung dieser Frage überhaupt Abstand zu nehmen. Denn die Geschichte der Wissenschaften, besonders der Astronomie, beweist, daß gerade im Anschluß an die mythische Versenkung in das Naturgeschehen wertvolle Gesetze bei späterer Verarbeitung der so gewonnenen Anregungen aufgefunden werden konnten. Wir denken nur an Keplers Weltharmonik und die spätere Feststellung seiner drei unsterblichen Gesetze.

Eine im gewissen Sinne schwärmerische Einstellung zu den Fragen des Lebens im All finden wir auch bei dem ersten, der sie zusammenfassend im größeren Umfange behandelt hat, bei Giordano Bruno. In seinem „Zwiesgespräche vom unendlichen All und den Welten“ kommt er nach umfangreichen physikalischen Erörterungen im letzten Dialog unserer Frage selbst näher:

„In ihm — dem All — sind unzählige Gestirne, Weltugeln, Sonnen und Planeten wahrnehmbar, und unzählige andere, nicht mehr wahrnehmbare, müssen vernünftigerweise angenommen werden.“ Er betont, daß zahllose Erden wie die unsere die strahlenden Sonnen am Firmament umkreisen, aber wegen ihrer Lichtschwäche nicht gesehen werden können. Er schwingt sich zu dem Urteil auf: „Die unzähligen Welten des Alls sind um nichts schlechter und nichts weniger bewohnt als unsere Erde. Denn unmöglich kann ein vernünftiger Verstand sich einbilden, daß jene unzähligen Welten, die doch ebenso und vielleicht noch prächtiger sind als unsere, denen ebenso wie uns eine Sonne befruchtende Strahlen zusendet, unbewohnt seien und nicht ähnliche oder gar vollkommenerer Bewohner trügen als unsere Erde.“ Er schließt mit dem begeisterten Wunsche: „Schenk uns die Lehre von der Allgemeingültigkeit irdischer Gesetze

auf allen Welten und von der Gleichheit aller Stoffe im Weltall. Vernichte die Lehren, die die Erde in den Weltmittelpunkt stellen! Zertrümmere überirdische Mächte, die die Welt bewegen sollen, und zerschlage die Schalen der himmlischen Sphären. Öffne uns das Tor, damit wir hinausblicken können in die unermeßliche, einheitlich aufgebaute und ohne Sondergesetze zusammengefügte Sternenwelt.“

Die prophetische Bedeutung dieser Worte des großen Sohnes der Stadt Nola erkennen wir erst, wenn wir den Fortschritt der Naturwissenschaften in den letzten dreihundert Jahren ins Auge fassen. Keine überirdischen Mächte, sondern die Schwerkraft bewegt den Kosmos, nicht die Erde, ja nicht einmal die Sonne steht für uns noch im Mittelpunkte der Welt. Unser Überblick über das Naturgeschehen faßt weit mehr als früher die Erscheinungen durch wenige einfache Gesetze zusammen, die ebenso wie im Sonnenreich auch auf fernen Sternen gelten.

Giordano Bruno untersucht nach den Regeln der Logik seiner Zeit die Frage nach den Wandelsternen als Wohnstätten lebender Wesen, ohne daß uns jedoch heute seine unvollkommenen Beweise recht einleuchten wollten. Wir müssen daher jetzt mit ganz anderen Hilfsmitteln als er diesen Fragen näherzutreten. —

Heute brauchen wir nicht mehr wie Dante im dritten Teil seiner „Göttlichen Komödie“, die durch das ganze Planetenreich führt, oder wie der gelehrte Jesuitenpater Kircher bei seiner „Ekstatischen Himmelsreise“ uns auf phantastische Grundlagen zu stützen, sondern das Nahrohr, das Mikroskop, gibt uns über den Ursprung des Lebens und das Fernrohr, das Teleskop, über die Lebensbedingungen auf fernen Welten einige Auskunft. Keine vollständige, denn schon allein die Frage nach dem Wesen des Lebens vermögen wir nur unvollkommen zu beantworten. Vom astronomischen Standpunkt lassen sich daher auch nur „Materialien“ zur Beurteilung liefern — eine endgültige Entscheidung läßt sich nicht einmal über die uns unmittelbar benachbarten Planeten fällen.

Zunächst ist eine Verständigung darüber notwendig, was wir unter „Leben“ überhaupt verstehen wollen. Es gibt heute Naturforscher, die an Übergänge vom Anorganischen über die lebenden Kristalle hinweg zum Organischen denken. Wer derartige Versuche selbst durchgeführt hat und die mikroskopischen Beobachtungen eingehend bearbeiten konnte, wird sich der Feststellung nicht verschließen können, daß wir hier in der Tat eine Menge bestehender Beziehungen wahrnehmen, die uns geradezu eine Befestigung des Kristalls vorläufigen können. Wollen wir den Beginn des Lebens bei der Pflanze ansetzen, so führen uns die neuesten Blutforschungen auf die Tatsache, daß die Tierwelt sich an einer bestimmten Stelle des Stammbaums der Pflanze abzweigt, so daß also auch der Mensch letzten Endes auf die Bazille zurückgeführt wäre. Doch wir dürfen uns hier nicht zu weit ins Gebiet der Biologie verlieren; diese Fragen sind zwar sehr anziehend, aber doch nicht so weit geklärt, daß man sie der begierigen Phantasie des Schülers ohne weiteres anvertrauen dürfte. Man wird nur sagen können, daß die Forschung dabei ist, früher kaum geahnte Beziehungen aufzuklären, und daß die Befestigung der ganzen Natur heute weit mehr als in den Zeiten des schlimmsten Materialismus philosophisch erwohnen wird (von den Neo-Vitalisten). Um aber schließlich an einer Stelle anzuknüpfen, die der Erfahrung heute leicht zugänglich ist, wollen wir uns dahin verständigen, das Leben im All insofern ins Auge zu fassen, als es eben den Menschen bzw. direkt vergleichbare Wesen betrifft.

Es ist allbekannt, daß zur Erhaltung des menschlichen Lebens vor allem Luft, Wasser und zahlreiche Aufbau- und Brennstoffe notwendig sind. Der Sauerstoff spielt für die Verbrennungsprozesse des Lebens die Hauptrolle. Selbst der bescheidene Regenwurm kann den Sauerstoff nicht entbehren und kriecht daher gar bei Schnee an die Oberfläche, wenn ihm die Sauerstoffzufuhr in tieferen Schichten gelegentlich versperrt wird. Daß das Ertragen von Durst viel schwerer möglich ist als das Entbehren von Nahrung, ist von den Vor-

führungen der Hungerkünstler allgemein bekannt. Es muß also vor allem Luft und Wasser auf den anderen Himmelskörpern vorhanden sein. Wasser jedoch nicht in allzu großer Menge, denn der Mensch, der ungefähr einen ganzen Tag lang im Meere herumschwimmen kann, ist doch schließlich kein Amphibium. Auf einen bewohnbaren Planeten müssen also mindestens einige Inseln sein. Weiterhin verträgt der Mensch gelegentlich recht hohe Temperaturen. Lichtbäder bis zu  $80^{\circ}$  werden nicht selten verordnet, man hält aber auch Temperaturen bis etwa  $120^{\circ}$  ohne Verbrennung aus.

Hinsichtlich großer Kälte haben unsere Polarforscher wohl  $50^{\circ}$  unter dem Gefrierpunkt ertragen können — der Kaiser-Pinguin brütet sogar im Südpolargebiet bei diesen Temperaturen — aber für die Erhaltung von Leben dürfte uns diese Temperatur doch zu niedrig sein.

Aus diesen wenigen allgemeinen Überlegungen lassen sich verschiedene Richtlinien ableiten, nach denen die vorhandenen Planeten hinsichtlich ihrer Bewohnbarkeit eingeteilt werden können. Lenken wir unser Augenmerk zunächst auf die Luft hülle. Die Fernrohrbeobachtung läßt uns hinsichtlich des Erdmondes feststellen, daß beispielsweise an seinem dunklen Rande kleine Sterne, an denen er bei seinem Laufe vorüberzieht, augenblicklich verschwinden. Es findet also keine Dämpfung ihres Lichtes durch eine Atmosphäre statt. Warum hat der Mond keine Luft hülle? Diese Frage läßt sich im Hinblick auf die sog. kinetische Gastheorie beantworten. Nach dieser führen die einzelnen Gasteilchen sehr heftige Bewegungen aus, deren Geschwindigkeit die Temperatur des betreffenden Gases bestimmt. Bei hohen Temperaturen bewegen sich die Teilchen äußerst schnell, am absoluten Nullpunkt bei  $273^{\circ}$  Kälte liegen sie ganz still. Ein Himmelskörper wird nun je nach seiner Temperatur, die in den meisten Fällen nach seiner Nähe bei der Sonne abzuschätzen ist, verschiedenen schnelle Bewegungen der Gasteilchen erkennen lassen. Diese Geschwindigkeiten sind nach Kilometern in der Sekunde abzuschätzen. Bei derartig großen Beträgen ist nun die Schwerkraft des Himmelskörpers nicht immer imstande, die Teilchen überhaupt festzuhalten. Überschreitet ihre Geschwindigkeit einen bestimmten Betrag, bei der Erde sind es 11 km in der Sekunde, so geht das Teilchen unrettbar verloren. Die Gesetze der Himmelsmechanik gestatten zu berechnen, welchen Betrag diese Grenzgeschwindigkeit der Masse des Himmelskörpers entsprechend erreicht. Beim Monde ergibt sich, daß in Anbetracht der erheblichen Temperaturen, die dort während der Sonnenbestrahlung erreicht werden, schon so gut wie alle Gasteilchen sich in den freien Weltraum verloren haben. Es hängt also danach wesentlich von der Masse eines Himmelskörpers ab, ob er in unserem Sinne überhaupt bewohnt sein wird oder nicht.

Das Kennzeichen der Masse gestattet uns nun, wenigstens für unser Sonnensystem eine Menge von Mitgliedern desselben auszuschließen, weil sie wegen zu geringer Masse nicht bewohnt sein können. Den Mond der Erde haben wir bereits erwähnt. Weiterhin gilt dies auch für den Mond der Sonne, den Merkur, dessen Verhalten auch hinsichtlich der photometrischen Ergebnisse dem des Erdmondes durchaus entspricht. Merkur wendet wohl auch, wie unser Mond der Erde, der Sonne stets dieselbe Seite zu. Von der gleichen Größenordnung sind auch die Massen der Planetenbegleiter, die im Jupitersystem allerdings die des Merkur schon ein wenig übertreffen. Alle Planetenbegleiter wären hiernach ebenfalls als unbewohnbar anzuspochen. Als selbstverständlich muß dieses für die kleinen Weltspalterchen angenommen werden, die hauptsächlich zwischen Mars und Jupiter als Planetoiden die Sonne umkreisen.

Bei Merkur kommt außer dem Merkmal der Masse noch das weitere hinzu, daß es auf ihm zu heiß ist. Er steht der Sonne so nahe, daß die leichter

schmelzbaren Metalle nach den Temperaturmessungen, die uns heute vorliegen, dort dauernd verflüssigt sein würden. Auch aus diesem Grunde ist also an eine Bewohntheit des Merkur in unserem Sinne nicht zu denken.

Wenden wir nun unser Interesse den sonnenähnlichen Wandelsternen Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun zu, so müssen wir bei diesen, obwohl ihre wirksame Oberflächentemperatur, wegen der dort nur geringen Sonnenstrahlung, recht tief liegt, uns aus dem Grunde gegen ihre Bewohntheit aussprechen, weil sie eben noch sonnenähnlich sind, d. h. weil sie auf einer verhältnismäßig frühen Stufe der kosmischen Entwicklung stehen. Die Gas- und Wolkenmassen auf Jupiter strömen noch so heftig durcheinander, daß die Bildung einer Kruste, die den Anfang einer Annäherung an die Erdähnlichkeit bedeuten könnte, vorläufig noch nicht zu erwarten ist. Bei Jupiter und Saturn lassen die Beobachtungen diese wolkenartigen Streifen auf den Oberflächen der noch sehr rasch rotierenden Planeten deutlich nachweisen, während Uranus und Neptun so weit von uns entfernt sind, daß sich nur hin und wieder unter besonders günstigen Luftverhältnissen einige Andeutungen für das Vorhandensein von Streifen ergeben haben. Die beiden letztgenannten Wandelsterne sind übrigens so weit vom Tagesgestirn entfernt, daß schon allein aus diesem Grunde auch bei künftiger Annäherung an einen erdähnlichen Zustand nicht daran zu denken ist, daß sie einmal bewohnt sein werden.

Hiernach bleiben im Sonnensystem nur noch die beiden der Erde benachbarten Wandelsterne übrig: Venus und Mars. Fassen wir zunächst die erstgenannte ins Auge, ohne uns durch den herrlichen Eindruck dieses Planeten etwa zu dem Wunsche verleiten zu lassen, daß er doch bewohnt sein möchte.

Der ungewöhnliche Glanz der Venus ist für die Beurteilung ihrer Oberflächenverhältnisse von großer Bedeutung, und wir dürfen daher wohl in einer kleinen Abschweifung eine recht plastische Schilderung davon geben. Wir verdanken sie dem großen Naturforscher Werner von Siemens, der sie in seinen Lebenserinnerungen von einem Ritt im Kaukasus folgendermaßen aufgezeichnet hat: „Es tauchte plötzlich am Horizonte der unbegrenzten Steppe gerade vor uns eine glänzende Lichterscheinung auf. Sie strahlte in prachtvollem vielfarbigen Lichte, unterschied sich von einem Meteor aber dadurch, daß sie unbeweglich an derselben Stelle des Himmels verharrte. Wir zerbrachen uns den Kopf über die Ursache der Erscheinung, die wir nur der einer Fallschirmrakete mit Buntfeuer vergleichen konnten. Sie wurde aber bald schwächer und schrumpfte nach kurzer Zeit zur Größe eines hellen Sternes zusammen. Es war die aufgehende Venus, welche durch die Steppennebel und das Dunkel, in das die Erde in jenen südlichen Gegenden selbst kurz vor Sonnenaufgang noch gehüllt ist, so merkwürdig vergrößert und gefärbt erschien.“

Dieser ungewöhnliche Glanz der Venus ist zur Beurteilung ihrer Bewohnbarkeitsverhältnisse insofern wichtig, als man ihn wohl einer dichten Wolkenhülle zuschreiben muß, die den Planeten so gut wie vollständig umgibt. Für das Vorhandensein einer dichten Venus-Atmosphäre spricht weiterhin der Umstand, daß bei diesem Planeten die Sichel sich um einen erheblich größeren Bogen am Planeten herum verfolgen läßt, als dies der Fall sein würde, wenn er keine Atmosphäre hätte. Gelegenheit zu solchen Beobachtungen ist stets dann gegeben, wenn Venus in die sog. untere Konjunktion kommt, d. h. zwischen Sonne und Erde vorübergeht. Sie ist dann als äußerst schmale Sichel in der Nähe der Sonne im Fernrohr zu sehen. Erst nach dem Jahre 2000 wird sie wiederum vor der Sonne selbst vorüberziehen. Die Schicht von Wolken, die nach der gegenwärtigen Anschauung die Venus-Oberfläche umgibt, dürfte verhältnismäßig hoch über derselben gelegen sein und vergleichsweise eine Grenze bezeichnen, wie wir sie auch in der Erdatmosphäre mit etwa 10—11 km Höhe feststellen konnten. Oberhalb dieser Schichtgrenze werden auf der Erde sehr niedrige Temperaturen, Kältegrade von beiläufig 50°, beobachtet. Wir müssen uns dies ins Gedächtnis zurückerufen, wenn wir die Temperatur-

messungen auf Venus zur Beurteilung der Bewohnbarkeitsverhältnisse heranziehen wollen. Augenscheinlich sind sie dazu nur indirekt zu verwenden, da wir, wie gesagt, die Bodentemperaturen am Grunde der Venus-Atmosphäre noch nicht kennen. Die bisherigen Messungen auf der Tagseite der Venus harmonisieren mit Berechnungen, die allein an die uns bekannte Sonnenstrahlung anknüpfen. Danach ist es auf der Venus erheblich wärmer als bei uns an den allerheißesten afrikanischen Wüstentagen. Die Temperatur der Nachtseite der Venus sinkt nach den bisherigen Messungen auf etwa  $23^{\circ}$  Kälte herunter. Das nimmt uns insofern gar nicht wunder, als wir auch in den oberen Schichten der Erdatmosphäre erhebliche Kälte feststellen. Hiernach ist es verhältnismäßig schwer, einen Anhalt für die Zustände auf der eigentlichen Oberfläche zu geminnen, weil diese durch die angenommene dichte Wolkenschleier nicht allzuviel Lichtstrahlung von der Sonne erhält. Wir haben jedoch in den Tropen der Erde auch regenreiche Gebiete, die zur Not zum Vergleiche herangezogen werden könnten. Arrhenius hat daher den Gedanken ausgesprochen, daß die Gegenden auf unserer Erde im Bereich der tropischen Riesenströme Kongo und Amazonas uns ein Bild von den Venusverhältnissen vermitteln können. Wohlgermerkt handelt es sich um die allerersten Anhaltspunkte, denn es kann sehr wohl auf Venus noch ein Zeitalter herrschen, das mit dem Tertiär auf unserer Erde zu vergleichen ist, also mit einer Zeit, in der sich das Auftreten des Menschen erst vorbereitete.

Die Erforschung der Venus stößt eben wegen der dichten Wolkenschleier des Planeten auf sehr große Schwierigkeiten. Es gelingt nur selten, matte Flecke auf ihrer Oberfläche wahrzunehmen, die von der Umdrehung des Planeten Zeugnis geben. Gegenwärtig neigt man zu der Auffassung, daß der Planet Venus sich in ungefähr derselben Dauer wie die Erde um seine Achse dreht. Die Lage der Venusachse ist jedoch noch zweifelhaft. Nach älteren Beobachtungen, die heute an Wahrscheinlichkeit gewinnen, wäre zu vermuten, daß die Venusachse eine viel kleinere Neigung gegen die Venusbahn einnimmt, als das etwa bei Erde und Mars der Fall ist. Die Verwendung des Spektroskopes unter Benützung des sog. Dopplerschen Prinzips hat bisher erhebliche Schwierigkeiten bei der Umdrehungsbestimmung der Venus gemacht, doch dürfen wir hoffen, daß in Zukunft wohl auf diesem Wege das Rätsel des Planeten gelöst werden wird. Zusammenfassend kann man hiernach über die Zustände auf der Venus sagen, daß wir einer Bewohntheit nicht direkt zu widersprechen brauchen, daß wir aber nicht im geringsten imstande sind, entscheidendes Material im einen oder anderen Sinne vorzulegen.

Während bei Venus die Anschauung Platz greifen könnte, daß sie einmal als Wohnstätte menschenähnlicher Wesen in Betracht kommen wird, liegen bei Mars die Verhältnisse umgekehrt. Er ist kosmologisch betrachtet wesentlich älter als Venus und bietet vielleicht überhaupt keine Zuflucht mehr für Weltenwanderer wie uns. Seit Jahrzehnten, hauptsächlich seit den hervorragenden Marsbeobachtungen Schiaparellis Ende der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts, haben sich phantastische Köpfe in mitunter recht anregenden Ausführungen mit der Bewohntheit dieser rötlichen Nachbarwelt beschäftigt. Eine auch heute noch sehr lesenswerte Zusammenfassung solcher Gedanken bildet der zweibändige Roman von Kurd Laßwitz „Auf zwei Planeten“.

So geistreich Laßwitz' Roman auch im einzelnen ist, so wenig bleibt heute noch von diesem schönen Traum übrig, wenn wir an die neuesten Beobachtungsergebnisse denken. Wir werden sehen, daß sowohl die Luft auf Mars viel zu dünn, als auch die Temperaturen zu niedrig sind, als daß dort Leben in unserem Sinne bestehen könnte.

Wir vergegenwärtigen uns zunächst, daß der Abstand des Mars von der Sonne, der infolge der Eiförmigkeit der Bahn des Planeten etwas schwankt,

etwa  $1\frac{1}{2}$ -mal so groß ist wie der der Erde. Mars erhält daher erheblich weniger Sonnenstrahlung als unser Planet. Die neuesten Beobachtungen haben das aus theoretischen Erwägungen abgeleitete Ergebnis bestätigt, daß die Mitteltemperatur auf unserer Nachbarwelt etwa ebenso weit unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegt wie auf der Erde darüber. Die mittl. Temperatur der Erdoberfläche wird zu 15 Zentigrad angenommen, während sich für Mars etwa  $17^{\circ}$  Kälte ergibt. Die ungewöhnliche Erdnähe des Mars im August 1924 bot hauptsächlich amerikanischen Forschern Gelegenheit, mit hochempfindlichen Thermozellen die Temperaturen einzelner Marslandschaften zu messen. Die innere Übereinstimmung der Ergebnisse ist so groß, daß diese Resultate trotz der großen Schwierigkeit ihrer Erlangung doch unser Vertrauen gewinnen. Während man früher kaum einen Anhaltspunkt über die Marstemperaturen erhalten konnte, kann man heute sogar beobachten, wie die Temperatur im Laufe eines Marstages für eine bestimmte Landschaft auf- und abschwankt. Verfolgen wir die Ergebnisse im einzelnen, so zeigt sich hinsichtlich der dunkel gefärbten Gebiete auf unserer Nachbarwelt, daß diese wie das Heidefeld bei uns oder, wenn wir einen noch treffenderen Vergleich wählen sollen, die Tundren in Sibirien, sehr viel Sonnenwärme aufzusaugen vermögen. In diesen Landschaften der Marstropen steigen die Mittagstemperaturen erheblich über den Nullpunkt. Man kann die dortigen Verhältnisse dann mit einem warmen Frühlingsvormittag bei uns vergleichen.

Würde man auf diese Temperaturverhältnisse allein Bezug nehmen, so wäre gegen die Bewohntheit des Mars nicht viel einzuwenden. Die Frage nähert sich jedoch der entgegengesetzten Entscheidung, wenn wir auch die Nacht auf Mars berücksichtigen. Direkte Messungen liegen dafür nicht vor, aber die Gesamtheit der bisherigen Ergebnisse läßt mit Sicherheit annehmen, daß die Nachtkälte auf Mars bis auf etwa  $70^{\circ}$  heruntergehen wird. Im irdischen Polargebiet hat man wohl schon Kältegrade bis zu über  $50^{\circ}$  beobachtet, aber bis zu der genannten Temperatur sind wir wohl kaum am Rältepol der Erde heruntergekommen. Temperaturen unter  $60^{\circ}$  sind an den Marspolen direkt gemessen worden. Gewiß erlischt auch dort oben das organische Leben selbst hinsichtlich der Säugetiere noch nicht vollständig; wir wissen, daß die Wale kalte Strömungen bevorzugen und daß die Kaiser-Pinguine am Südpol in etwa  $50^{\circ}$  Kälte brüten — aber für den Menschen ist ein Dauerdasein in solcher Kälte wohl undenkbar.

Sehr wesentlich ist weiterhin der Unterschied zwischen Erde und Mars, der hinsichtlich des vorhandenen Wassers besteht. Während bei der Erde die Ozeane gegenüber den Kontinenten bei weitem überwiegen, gibt es auf Mars wohl überhaupt keine Meere mehr. Die Feststellung der vorhandenen sehr geringen Wasserdampfmengen macht ungewöhnliche Schwierigkeiten. Am augenfälligsten sind sie noch als Polarkappen zu erkennen, wenn sie die Marspole als kleine, weiße Reif- oder Nebelwolken überziehen. Im Laufe des Marsjahres folgen sie unverkennbar dem Laufe der Jahreszeiten in ihrem Abschmelzen und Wiedertzunehmen. Damit steht die geringe Bewölkung bzw. atmosphärische Trübung auf Mars im engsten Zusammenhang. Im ganzen genommen dürfte jedoch auf Mars so wenig Wasser zur Verfügung stehen, daß auch hierin schon ein bedeutender Hinderungsgrund für das Vorhandensein menschlicher Lebewesen zu sehen ist. Schon seit Mitte des vorigen Jahrhunderts liegen auch heute noch vergleichbare Marszeichnungen vor, deren Gesamtheit uns ein Bild von dem Verlauf der Jahreszeiten auf Mars gibt. Bei ihrer Beurteilung ist zunächst die Dauer des Marsjahres von 687 Tagen gegen 365 Tage bei der Erde und weiterhin die Eisförmigkeit der Marsbahn zu berücksichtigen, wie schon oben erwähnt wurde.

Ein Hauptbeweismittel für die Bewohntheit des Mars waren früher die



sog. „Kanäle“. Diese Bezeichnung rührt von Schiaparelli her und darf heute gewiß nicht mehr wörtlich verstanden werden. Man darf es wohl als ausgeschlossen bezeichnen, daß wir hier künstliche Bauwerke zur Regulierung von Wasserstraßen vor uns haben. Noch viel weniger dürfen wir annehmen, daß es sich bei der Verdoppelung der Kanäle um den Erfolg des Aufziehens von großen Schleusen handelt. Dieses Phänomen läßt sich mit sehr einfachen Mitteln jeder Zeit vorführen und hat mit Mars nur insofern etwas zu tun, als die in Betracht kommenden Einzelheiten seiner Oberfläche so unbedeutend sind, daß unser Auge sie nicht im einzelnen aufzufassen vermag. Es sucht sich dann irgendwie zu helfen, und dadurch entsteht bei einer bestimmten Verteilung der Kontraste, wie im Rahmen ähnlicher Forschungen Dr. August Köhl gezeigt hat, das Verdoppelungsphänomen. Es ist also nicht dem Mars sondern unserem Auge zuzuschreiben. Es hat den Anschein, als ob wir bei vielen Kanälen auf Mars Gebilde vor uns haben, wie wir sie von den Wüstenflüssen unserer Erde her kennen, die sich geographisch nur sehr ungewiß festlegen lassen. Sven Hedin hat sie beispielsweise in Persien studiert. Diese Wüstenflüsse sind sehr flach und versiegen so rasch, daß bald nur eine Reihe von Tümpeln übrig bleibt, die sich von Jahr zu Jahr in ihrer Anordnung etwas ändert. Der Umstand, daß gerade in ganz großen Fernrohren die sog. Marskanäle besonders schwer oder gar nicht gesehen werden können, bestätigt die Auffassung, daß wir es hier mit Reihen kleinster Fleckchen zu tun haben, die nur bei mittleren Vergrößerungen für das Auge zu den hauchartigen Streifen zusammenfließen, die wir eben „Kanäle“ nennen. Es wäre jedoch völlig verfehlt, wenn wir etwa deswegen annehmen wollten, daß alle Einzelheiten der Marsoberfläche nur Augentäuschungen seien. Davon ist keinesfalls die Rede. Wir haben nur schwer beobachtbare Gebilde vor uns, bei deren Festlegung ans Auge des Beobachters alleräußerste Anforderungen gestellt werden.

Bisher haben wir nur die allgemeinen Bodenverhältnisse und Temperaturen auf Mars berücksichtigt und erfahren, daß der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre unserer Nachbarwelt sehr gering ist. Den „Luftdruck“ haben wir noch nicht berücksichtigt. Und an dieser Stelle setzt gewissermaßen die Tragödie der Marsbewohner ein. Man muß wohl sagen, daß ein Erdbewohner auch mit Sauerstoff-Helium-Apparat drüben in verhältnismäßig kurzer Zeit ersticken müßte. Die Marsluft ist nämlich so dünn, daß sie statt 760 mm Quecksilber auf der Erde nur etwa 60 mm das Gleichgewicht zu halten vermag.

Schon bei einer größeren Bergbesteigung können wir Erfahrungen über die Wirkung der Luftdruckverminderung sammeln. Je höher wir kommen, desto dünner wird die Luft und desto rascher müssen wir atmen, um die zur Aufrechterhaltung des Lebensprozesses notwendige Sauerstoffmenge den Lungen zuzuführen. Das Schulbeispiel dafür bieten die unablässigen Anstrengungen fühner Bergsteiger, den höchsten Gipfel der Erde, den 8800 m hohen Tschomolungma oder Mount Everest, wie die Engländer ihn nennen, zu bezwingen. Das sind aber hier noch nicht 9000 m, während auf Mars der Druck am Boden so niedrig ist, wie bei uns in einer Höhe von etwa 18 km. Die höchste bisher von einem Menschen erreichte Höhe betrug annähernd 13 km und wurde mit dem Flugzeug bewältigt. In 18 km Höhe ist der Luftdruck aber nur noch halb so groß wie in 13 km Höhe. Wir gaben schon vorhin der Meinung Ausdruck, daß es in einer solchen Höhe über der Erdoberfläche nicht mehr möglich sein wird zu existieren.

Bei der Venus machten wir den Versuch, uns die dortigen Verhältnisse durch den Vergleich mit den Gebieten der großen Tropenströme Kongo und Amazonas zu vergegenwärtigen. Wollen wir das Gleiche auch bei Mars unternehmen, so müssen wir unseren Blick auf die höchsten bewohnten Teile der Erde lenken. Wir erinnern zunächst an die als äußerst schmutzig berücksichtigte

Stadt Phari-Dzong in Tibet, von der uns die Mont Everest-Expeditionen Bildermaterial heimbrachten. Die Lebensverhältnisse in etwa 5000 m Höhe schildert uns besonders plastisch der ruhelose Weltenbummler Kurt Faber von einer Südamerikareise.

Er berichtet von den Boragruben von Cebollar, die die reichsten der Erde sind. Dort sind Niederschläge so selten, und die dünne Luft begünstigt die Verdunstung in so hohem Maße, daß man den Borag einfach mit dem Dampfpflug dem ausgetrockneten See entreißen kann. Ähnliche Verhältnisse dürften u. E. auch auf Mars herrschen. Jedoch mit dem wesentlichen Unterschied, daß dort die Luft noch sehr viel dünner ist und daß die Temperatur-Kontraste noch weit größer werden. Verfolgen wir die fesselnde Schilderung Fabers in dem für uns in Betracht kommenden Abschnitt. „Hier, in 5000 m Meereshöhe, ist die Luft so dünn, daß der mit normalem Herz und Lungen versehene Mensch, der von der Tiefebene heraufkommt, nicht imstande ist, tausend Schritt in normaler Gangart zurückzulegen, ohne mit erschöpften Lungen und fieberhaftem Herzklopfen wie nach einem langen Schnelllauf anzuhalten. Die Stimme verliert ihren vollen Klang und sinkt zu einem helseren Flüsterton herab. Geschmack und Geruch gehen völlig verloren. Alle Speisen, die man zu sich nimmt, haben den gleichen widerwärtigen Geschmack; fade und salzlos wie das Leben dort oben . . . Es kommt noch etwas anderes hinzu, wodurch das Klima vollends zur Hölle wird, das ist der feine, belßende, schwefelduftende Hauch der Vulkane. Fast unsichtbar und dennoch allgegenwärtig brütet er über dem Talkessel, und wenn auch der Wind ihn zuweilen vercheucht, so setzt er doch zu gleicher Zeit immer neue Rauchfahnen hinunter in das Tal. Bis in die innersten Eingeweide bringt dieser Rauch, den Magen erfüllt er mit giftigen Gasen, und die Lunge germartert er, bis sie rauh ist wie ein Smyrnateppich, und Nacht für Nacht den Menschen mit schrecklichen Hustenansfällen aus dem Schlafe schreckt.“

Ein solches Leben als Hölle zu bezeichnen, wäre gewiß nicht übertrieben, und dabei haben wir noch nicht einmal berücksichtigt, daß die Verhältnisse auf Mars uns noch viel unzuträglicher sein werden, weil die Luft dort noch viel dünner als selbst in 5000 m Höhe bei uns ist.

Einen kleinen Vorteil bietet uns allerdings die geringe Masse des Mars, der wir nach früherem wesentlich den Mangel einer hinreichenden Gashülle auf unserer Nachbarwelt zuschreiben müssen. Ein Kilogramm von unserer Erde würde, auf einer Federwage gewogen, auf Mars nur 0,4 kg wiegen. Ein Stein, den wir von einem Turme herabfallen lassen, legt auf der Erde in der ersten Sekunde 5 m zurück, auf Mars aber nur 2 m. Ein Steinwurf, der auf der Erde vielleicht 60 m weit reicht, würde auf Mars 150 m erzielen. Derartige Überlegungen haben aber gewissermaßen nur schematischen Sinn aus dem Grunde, weil die außerordentlich geringe Lufthülle auf Mars einem menschlichen Wesen den dazu notwendigen Energieumsatz überhaupt nicht gestatten würde. Damit wären wir trotz der scheinbar günstigen Bedingungen wieder in derselben traurigen Lage wie vorher.

In den letzten Jahren ist nun die Frage nach R e i s e n im Weltenraum auch auf wissenschaftlichem Gebiet hin und wieder behandelt worden, so daß wir zum Schlusse sie noch erörtern möchten. Untersucht man die allmähliche Zunahme der Anzahl der Erdbewohner und vergleicht damit den Raum, der überhaupt auf der Erde als bewohnbar in Frage kommt, so stellt sich heraus — eine hübsche Anwendung für den Unterricht im Gebiet der Zinseszinsrechnung — daß schon in ein paar hundert Jahren die Erde den Menschen zu eng werden wird. Selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß das im letzten Jahrhundert gültige Vermehrungsverhältnis auch künftig anhält, eine Annahme, über deren Berechtigung man durchaus geteilter Meinung sein kann. Man kann also eine wirtschaftliche Lage konstruieren, bei der gewissermaßen die Notwendigkeit zu solchen Auswandererfahrten in den Weltenraum an den Erdbewohner herantritt. Aus dem Vorhergehenden sind wir uns allerdings darüber klar, daß eine solche Weltallreise wohl nur akademisches

Interesse haben wird, denn praktisch ist sie einem Selbstmord gleichzuachten. Besteht doch wahrscheinlich auf Venus noch keine Aussicht der Bewohnbarkeit und auf Mars — nicht mehr. Wie wenig der Mensch jedoch solche Ergebnisse zu beachten geneigt ist, beweist der Umstand, daß sich nicht weniger als 52 Personen bei dem amerikanischen Prof. Goddard gemeldet hatten, als in der Tagespresse von seinem Versuch die Rede war, den Mond mittels einer Rakete zu beschießen. Schon vor Goddard hatte Prof. Oberth aus Siebenbürgen das Problem der „Rakete zu den Planetenräumen“ wissenschaftlich zu bearbeiten begonnen. Eine Rakete muß deswegen verwendet werden, weil wir mit einem Geschütz außerstande sind, die Grenzgeschwindigkeit zu überschreiten, die erreicht werden muß, wenn man das Schwerefeld der Erde verlassen will. Wir stehen hier mathematisch gedacht vor genau der umgekehrten Aufgabe wie früher, wo es sich darum handelte, daß durch die Gasteilchen diese Grenzgeschwindigkeit nicht überschritten werden sollte, damit dem betreffenden Himmelskörper eine möglichst reiche Atmosphäre erhalten bleibt. Es wurde erwähnt, daß für die Erde diese Grenzgeschwindigkeit 11 km in der Sekunde beträgt. Auch bei der Fernbeschießung von Paris, die wohl als Höchstleistung des schwersten Flachfeuers anzunehmen ist, kam eine Geschossgeschwindigkeit von nur 1600 m in der Sekunde in Betracht. Wir sehen, daß dergleichen für einen Vorstoß ins All nicht entfernt ausreicht. Bei dem Schuß aus der Kanone wird in unserem Falle der Granate nur einmal eine große Beschleunigung erteilt, die sich auf der Flugbahn rasch aufzehrt. Will man aus dem Schwerefeld der Erde herausgelangen, so muß dem betreffenden Geschosß fortwährend, jedenfalls bis die kritische Grenze überschritten ist, eine Beschleunigung erteilt werden, die die Erdschwerkraft erheblich übertrifft. Dergleichen ist nur bei einer Rakete möglich, bei der die ausströmenden Gase durch Rückstoß das Geschosß immer weiter vorwärts treiben.

Wenn auch Prof. Goddard zunächst nur im Auge hatte, den Mond mit einer Sprengladung zu beschießen, um festzustellen, ob seine Granate überhaupt so weit gelangt ist, so gehen doch die weiteren Pläne dahin, die Rakete zur Mitnahme von Fahrgästen einzurichten. In Rußland soll sogar im Sommer 1926 eine Rakete für elf Personen vorbereitet worden sein.

Die Teilnahme von Menschen an einer solchen Raumfahrt setzt den bei der Rakete anzuwendenden Beschleunigungen gewisse Grenzen, die durch die menschliche Körperbeschaffenheit gegeben sind. Prof. Oberth hat versucht Anhaltspunkte dafür abzuleiten und knüpft zunächst an eine Beobachtung an, die bei einem Feuerwehrmann gemacht wurde, der aus 25 m Höhe absprang, in liegender Stelle am Sprungtuch anlangte, dieses etwa einen Meter tief einbrückte und dann, ohne jeden Schaden zu nehmen, wieder aufsprang. Auch die Erlebnisse unserer Flieger im Weltkriege lassen sich hier verwerten. Zusammenfassend kann man wohl sagen, daß der menschliche Körper sogar einige Minuten lang einen Andruck von etwa 30 m in der Sekunde ertragen kann. Oberth hat danach verschiedene Raketen berechnet, bei denen Alkoholumischungen bzw. Wasserstoff als Antriebsmittel dienen, die mit ungeheurer Geschwindigkeit aus den Düsen der Rakete herausströmen. Um das Rückstoßprinzip anwenden zu können, erleidet die Rakete einen außerordentlichen Masseverlust, so daß sie beim Erreichen der Grenzen des Schwerefeldes unserer Erde nur noch einen winzigen Bruchteil des Anfangsgewichtes hat.

Auch hier bietet sich dem Lehrer willkommene Gelegenheit, eine physikalische Tatsache in ihrer praktischen Bedeutung zu erläutern. Das Rückstoßprinzip findet in der Natur vielfach Anwendung. Am anschaulichsten wohl beim Schießen mit einem Gewehr. Durch die Explosion des Pulvers wird einerseits das Geschosß vorwärts, andererseits das Gewehr bzw. das Geschütz rückwärts geschleudert. Wenn man das kleine Gewehrgeschosß betrachtet und es mit der

großen Masse oder dem erheblichen Gewicht des Gewehres selber vergleicht, wird man über die praktische Wirkung des Rückstoßes staunen. Mancher ungeschickte Schütze wird sich der lahmen Schulter erinnern, die er von seinen ersten Schießversuchen davongetragen hat. Je fester man das Gewehr an die Schulter preßt, desto sicherer wirken Gewehr und Körper als Gesamtmasse, d. h. desto geringer ist der Rückstoß, weil in dem einen Falle der Geschossmasse nur das Gewehr, das andere Mal die Summe der Massen von Gewehr und Körper gegenübersteht. Hierdurch läßt es sich anschaulich machen, daß ein großer Masseverbrauch notwendig ist, um solange, wie es die Himmelsrakete erfordert, ihr eine hinreichend große Beschleunigung zu erteilen. Den fortgeschrittenen Schüler wird es vielleicht auch reizen, die numerische Integration durchzuführen, durch die die Geschwindigkeit der Rakete allmählich auf die Grenzggeschwindigkeit bzw. erheblich darüber gesteigert werden kann.

Dabei ist noch keine Rücksicht auf den Luftwiderstand genommen, der in den Bodenschichten des Luftmeeres so groß ist, daß er wahrscheinlich den Erfolg der Unternehmung von vornherein zweifelhaft macht. Oberth faßt daher ins Auge, die Rakete durch Freiballone zunächst einmal bis in Höhen von etwa 2000 m emportragen zu lassen. Auch dieser Umstand ist nicht zu unterschätzen, wenn man den ganzen Fragen wirklich ernsthaft nachgehen will.

Das Problem scheint aber letzten Endes aus dem Grunde so gut wie unlösbar, weil auch für die Ankunft auf dem anderen Himmelskörper bzw. für die Rückkehr zur Erde Vorsorge getroffen werden muß. Die ballistische Aufgabe ist dann genau umgekehrt zu stellen wie beim Abschuß. Das Niederfallen der Rakete muß ja entsprechend stark durch Rückstoßwirkung gebremst werden, wenn nicht das Geschos beim Niederfallen zerschellen soll. Überlegen wir nur einmal, welche ungeheuren Brennstoffmengen allein notwendig waren, um aus dem Schwerefeld der Erde herauszukommen! Wieviel müßte da noch auf Vorrat mitgenommen werden, um beim Auftreffen das Geschos zu bremsen! Die Kosten eines solchen Versuches werden in die Millionen Dollar gehen, wobei die Gefahr ganz außer Acht gelassen wird, die durch das Hantieren mit so ungeheuren Sprengstoffmengen heraufbeschworen ist. Es liegt nämlich durchaus die Möglichkeit vor, 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 Explosions-Katastrophe im Gefolge, die noch weit verheerender ist, als selbst die Explosionen von Munitionslagern im Kriege. Im Ganzen genommen wird man hiernach aus den verschiedensten Gründen den Gedanken der Weltraumfahrt mittels Rakete hinsichtlich seiner Verwirklichungsmöglichkeiten insoweit als wahnwitzig bezeichnen müssen, als Menschenleben sich dabei aufs Spiel begeben.

Bleiben wir daher vorläufig zunächst bei Versuchen auf diesem Gebiet, um das Verhalten derartiger Raketen in größeren Höhen der Erdatmosphäre überhaupt zu erforschen. Das Studium der Himmelskörper mittels Fernrohr und Spektroskop bietet uns noch sovieler Aufgaben, die mit vorhandenen Hilfsmitteln bearbeitet werden können, daß gleicherweise von diesem Standpunkt aus noch keine Notwendigkeit dazu vorliegt, mit einer bemannten Rakete ins All vorzudringen. Wie wir früher sahen, haben wir auch noch ein paar hundert Jahre Zeit, bis mutmaßlich die Bevölkerung der Erde soweit zugenommen hat, daß für uns das Leben im All auch vom praktischen Standpunkt aus studiert werden muß, nicht nur vom objektiv astronomischen, wie das hier unsere Aufgabe war.