

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 33 (1975)
Heft: 149

Artikel: Das amerikanische Projekt "Viking"
Autor: Müller, Helmut
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-899450>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.12.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Un nouvel appareil

Entre-temps, une équipe de chercheurs du Queen Mary College, de l'université de Londres, se préparait à faire une expérience d'une très grande exactitude pour mesurer le spectre des radiations du fond parasite aux longueurs d'onde où l'on s'attendait à ce que la courbe se renverse.

L'appareil consistait en un dispositif très nouveau, appelé interféromètre polariseur de MICHELSON. Il avait été mis au point par le professeur D. H. MARTIN du Queen Mary College et c'était un instrument extrêmement puissant pour le travail en question, instrument que les autres équipes de chercheurs ne possédaient pas. L'appareil pouvait «tracer» le spectre des radiations du fond parasite et présenter une courbe que l'on pouvait comparer à la courbe de PLANCK.

Comme les radiations sont très froides (2,7 KELVINS), elles produisent un très faible signal dans l'interféromètre et comme il faut donc des détecteurs très spéciaux pour mesurer ce signal, tout l'appareil est extrêmement complexe. Il a fallu refroidir l'interféromètre tout entier à une température de 1,5 KELVIN, grâce à un cryostat contenant de l'hélium liquide.

Nous avons commencé les études en 1969 et après quatre années d'efforts intensifs, nous avons pu soumettre à des essais l'appareil terminé dans nos laboratoires. Puis nous l'avons expédié aux Etats-Unis

pour qu'il puisse être emmené par ballon à des altitudes dépassant 40 kilomètres.

Un désastre évité

Le premier vol a eu lieu en mai 1973, mais il ne réussit pas. Mais au cours d'un second vol au-dessus du Texas, en mars 1974, le ballon et la capsule technologique flottèrent tranquillement pendant trois heures à une altitude de 40 kilomètres, temps pendant lequel l'interféromètre recueillit des données et les transmit automatiquement par radio aux chercheurs se trouvant dans la salle de contrôle. Les résultats parurent bons.

L'analyse par ordinateur de ces résultats a montré par la suite que les radiations du fond parasite possèdent en effet un spectre de la forme représentée sur le graphique. Cette expérience, très complexe du point de vue scientifique, mais peu coûteuse, a donc permis d'effectuer une importante observation d'astronomie. Elle a démontré qu'il semble bien que nous vivions dans un Univers provenant d'une explosion initiale et a anéanti à jamais la théorie de l'Univers stationnaire, que l'on peut maintenant laisser de côté.

Que nous réserve l'avenir? L'on continuera à avancer des théories et à recueillir des observations en astronomie, ce qui aboutira peut-être éventuellement à nous révéler l'ultime destinée de l'Univers.

Adresse de l'auteur:

E. J. ROBSON, Queen Mary College, Dept. de Physique, London.

Das amerikanische Projekt «Viking»

VON HELMUT MÜLLER, Zürich

Die Fahrten der Raumsonden haben die Astronomie in ungeahnter Weise gefördert. Mit den Kapseln der *Apollo*-Serie sind erstmals Menschen auf einem andern Himmelskörper, auf unserm nächsten Nachbarn, dem Mond, gelandet, haben ihn betreten und untersucht und haben Gesteinsproben von ihm zur Erde mitbringen können. Die Raumfahrzeuge der *Mariner*-Serie haben die inneren Planeten Mars, Venus, Merkur nah umflogen und uns detailreiche Bilder ihrer Oberflächenformationen geliefert, die alles Bisherige bei weitem übertrafen. Durch die «Fernfahrer» der *Pioneer*-Serie gewinnen wir Aufschlüsse über den Aufbau der äusseren Planeten, worüber man vorher nur vage Vermutungen hegte. Unsere Kenntnisse über das Aussehen und das Wesen der Mitglieder unseres Planetensystems wurden dadurch ungemein bereichert. Ideen über ihr Entstehen konnten begründet und entwickelt werden. Ganz unabhängig davon haben wir durch Beobachtungen im Bereich der Radioastronomie erfahren, dass im interstellaren Raum organische Moleküle mannigfacher Art vorkommen. Wir sind ferner fest davon überzeugt, dass es im Weltall unzählige Planetensysteme und auf vielen von ihnen Leben gibt, primitives oder auch hoch-

entwickeltes, mit Lebewesen, die uns vielleicht weit übertreffen. Doch wie sollen wir das nachweisen, wo der Raum so weit ist und die Entfernungen so gross sind, wo die Sterne im All so unvorstellbar dünn verteilt sind, dass selbst Reisen im Tempo der Lichtgeschwindigkeit bis zum nächsten Stern Jahre dauern? Unvergleichlich kürzer sind die Wege innerhalb unseres Sonnensystems, dafür sind aber auf diesen Planeten ausser auf unserer Erde Möglichkeiten für hochentwickeltes Leben nicht vorhanden. Das schliesst indes nicht aus, dass vielleicht einmal dort Leben existierte oder sich sogar erst bilden wird, dass ganz einfache Formen des Lebens, Mikroorganismen, noch oder schon vorhanden sind oder vielleicht auch nur Spuren einstigen Lebens, und für all dies scheinen die Chancen beim Mars besonders günstig zu sein. Manche Bilder der *Mariner*-Sonden zwingen direkt zur Annahme, dass einstmal Wasser in grösserer Menge auf dem Mars vorhanden gewesen sein muss, und unter diesen Bedingungen hätten sich zumindestens Mikroorganismen bilden können. War das der Fall? Können wir noch Spuren davon nachweisen? Haben sich gar welche davon den jetzigen Bedingungen angepasst und leben diese noch? Das sind

durchaus berechnete Fragen, deren Beantwortung für das Verstehen der Entwicklung des Lebens überhaupt, nicht nur auf dem Mars, sondern auch auf der Erde, wichtig ist.

Die Suche nach Leben ist eins der Hauptziele des Projektes «Viking». Das Projekt besteht darin, dass eine unbemannte weiche Landung auf dem Mars bewerkstelligt wird, dass daselbst neben der Durchführung vieler anderer Messungen vor allem Bodenproben auf eventuelle Mikroorganismen hin untersucht werden und dass alle Ergebnisse und Bilder zur Erde gefunkt werden, da die Fahrzeuge selber nicht zurückkehren. Nach diesen Gesichtspunkten werden die Sonden vom Typ Viking ausgerüstet und dafür zweckmässige Experimente erdacht. Wie es sich allgemein als nützlich erwiesen hat, wird man kurz hintereinander zwei Sonden genau gleicher Art ausschicken, und jede besteht aus zwei Hauptteilen, die später beide völlig unabhängig voneinander existieren und arbeiten können, dem eigentlichen Raumfahrzeug und der Landefähre. Der Einfachheit halber wollen wir im folgenden für diese beiden Teile die amerikanischen Bezeichnungen: *orbiter* und *lander* beibehalten. Diese Ausdrücke sind bequem und verständlicher als irgendeine andere Abkürzung, *orbiter* kreist um den Mars, *lander* landet auf ihm, unter *Viking* verstehen wir beide vereint. Der Start ist für die Zeit zwischen Mitte August und Mitte September 1975 geplant, wobei Viking A und Viking B im Abstand von mindestens 10 Tagen, aber beide innerhalb von 30 Tagen, dem Intervall des Startfensters, abfliegen werden. Viking befindet sich in einer konusförmigen Schutzhülle an der Spitze einer Titan III-Cen-

taur-Rakete, wird zuerst auf eine Parkbahn um die Erde in der Höhe von etwa 184 km gebracht und, wenn die gewünschte Flugrichtung erreicht ist, spätestens nach einer halben Stunde durch die zweite Zündung der Centaur-Rakete zum Mars geschickt. Darauf löst sich Viking von der Centaur-Raketenhülle, deren Bahn ein wenig abgelenkt wird, damit sie nicht auch auf den Mars auftrifft. Die Schutzhülle von Viking und der obere Teil des sogenannten Bioschildes, einer speziellen für die Sterilisierung nötigen Schutzhaut um den *lander*, sind inzwischen auch abgeworfen worden. Die Begrenzung der Startzeiten auf die Zeit und das Intervall des erwähnten Startfensters ist dadurch bedingt, dass Viking in eine Bahn gelangen soll, für die man möglichst wenig Energie, also Treibstoff, braucht. In dieser Hinsicht ist im Gegensatz zu früheren Flügen der *mariner*-Sonden diesmal eine Bahn von rund 700 Millionen Kilometern Länge am günstigsten. Viking wird nach 10 bis 12 Monaten, abhängig von der genauen Startzeit, bei Mars ankommen, der sich dann von der Erde aus gesehen jenseits der Sonne in rund 330 Millionen Kilometern Abstand befinden wird. Das bedeutet, dass dann ein Signal vom Mars bis zur Erde eine Laufzeit von mehr als 18 Minuten hat.

Nachdem Viking auf den Weg zum Mars eingeschwenkt ist, entfaltet nun der *orbiter* seine 4 Paddel mit den Sonnenzellen, die ihm von jetzt an die nötige Energie liefern, orientiert sich nach der Sonne und nach dem Stern Canopus und richtet sich aus. Canopus ist für dieses Manöver deshalb geeignet, weil er sehr hell ist (Canopus ist der zweithellste Fixstern) und fast rechtwinklig zur Ekliptik steht, in der sich die

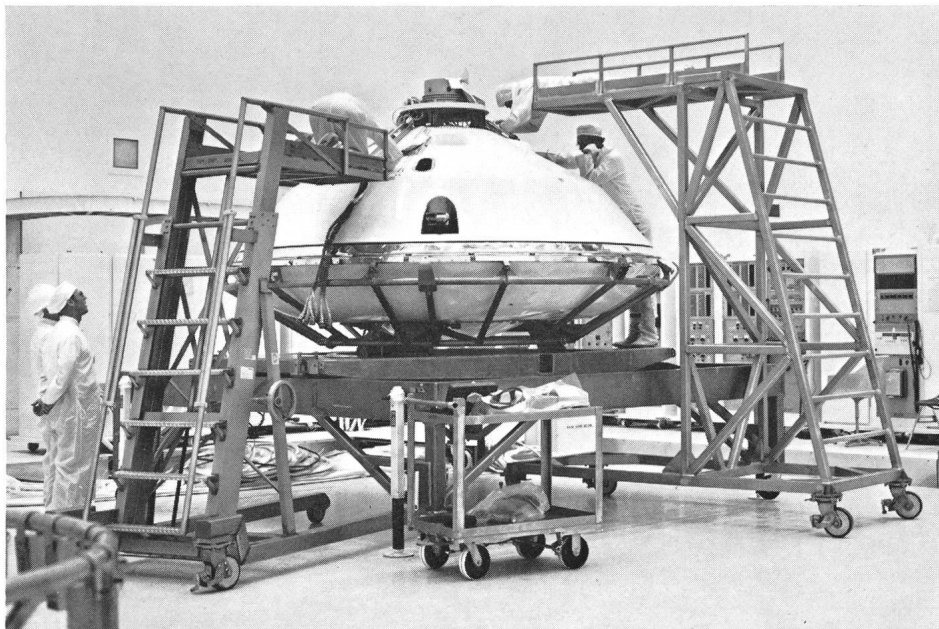


Abb. 1: Der *Viking-lander* bei seiner Ankunft am Ort seines Zusammenbaus mit dem *orbiter*. NASA-Photo 75-HC-52.

Sonne befindet; seine ekliptikale Breite beträgt etwa -75° . Inzwischen hat der *orbiter* auch Funkverbindung mit der Erde aufgenommen und sein Flug wird von dort aus überwacht und geleitet. Es sind dafür 9 Bodenstationen vorgesehen, die über die ganze Erde verteilt sind. 6 von ihnen verfügen über Paraboloid-Antennen von 26 m Durchmesser, 3 über solche von 64 m Durchmesser; letztere liegen in Kalifornien, in Australien und in Spanien und eine von ihnen hat stets Verbindung mit dem Raumschiff. Je nach Bedarf wird dann von ihnen aus dem *orbiter* befohlen, durch Inbetriebnahme seiner Triebwerke eine Kurskorrektur vorzunehmen, damit seine Bahn genau nach Vorschrift verläuft.

Auf der langen Reise zum Mars befindet sich der *lander* vorn in der Flugrichtung, der *orbiter* dahinter. Ist Viking genügend nah an Mars herangekommen, wird die Sonde gedreht, dass nun die Düsen vom *orbiter* in der Flugrichtung liegen. Auf Befehl von der Erde werden im rechten Moment die Düsen des *orbiter* in Betrieb gesetzt, die nach etwa einer Stunde Viking allmählich so weit abgebremst haben, dass er nun eine stark elliptische Bahn um Mars beschreibt. Der nächste Abstand von der Planetenoberfläche beträgt dann 1500 km, der weiteste 33000 km bei einer Umlaufzeit von 24.6 Stunden entsprechend der Rotationsdauer des Mars. Mindestens 10 Tage wird dann Viking Mars umfliegen und die beiden vorgesehenen Landeplätze genau prüfen. Man hat sich diese nach Aufnahmen vom *mariner* 9 ausgesucht. Es soll relativ flaches, tiefliegendes, warmes, feuchtes Gelände sein, das einerseits eine sichere Landung und gute Wirksamkeit des Fallschirms gewährleistet, aber auch gleichzeitig für lebende Organismen, in früheren Zeiten oder gar heute noch, günstig zu sein scheint, z. B. Gegenden an der Mündung von einstigen Flussläufen, also vielleicht Chryse oder Tithonius Lacus. Auf der Erde werden die Meldungen des *orbiter* über seine Untersuchungen der Landeplätze eingehend studiert und spätestens 50 Tage nach der Ankunft vom Viking beim Mars wird der Entscheid getroffen, worauf *Viking* dann so gesteuert wird, dass der tiefste Punkt seiner Bahn über dem ausgewählten Landeplatz liegt. Nun wird der bisher völlig «schlafende» und vom *orbiter* umsorgte *lander* von diesem nochmals eingehend überprüft und dann «geweckt». Seine Apparaturen werden eingeschaltet, die mechanischen und elektrischen Verbindungen zu *orbiter* werden gelöst, der bisher noch verbliebene, dem *orbiter* zugekehrte Teil des Bio-Schildes wird abgelegt. Der *lander* ist nun selbständig.

Wird von der Erde das Signal zur Landung gegeben, dann verläuft von nun an zunächst alles automatisch gemäss dem dafür auf dem *lander* vorhandenen Programm, das bis zu maximal 22 Tagen vorgesehen ist. *Orbiter* und *lander* trennen sich. Die Triebwerke am Rand des Aero-Schildes, der sich an der dem *orbiter* abgewandten Seite des *lander* befindet, beginnen zu arbeiten. Sie halten den *lander* in der

richtigen Lage, dass der Aero-Schild in Flugrichtung liegt, mindern seine Geschwindigkeit, die bei der Trennung noch vielleicht 16000 Stundenkilometer betrug, dass er die Bahn des *orbiter* verlässt und vom Gravitationsfeld des Mars herabgezogen wird. Ein Radargerät sendet in der Folgezeit auf 1000 MHz Pulse zur Marsoberfläche und dient als Höhenmesser, damit weitere Operationen zur rechten Zeit angeordnet werden. Zwei bis fünf Stunden später gelangt der *lander* bei etwa 250 km Höhe in die wirksame Marsatmosphäre. Von hier an ist der Aero-Schild als Schutzschild wichtig, er bewahrt den *lander* vor Erwärmung und vor Druckschäden. Die Triebwerke bremsen ihrerseits nun den Fall, besonders stark zwischen 30 und 24 km Höhe, so dass in 6400 m Höhe die Fallgeschwindigkeit nur noch 375 m/s beträgt. Jetzt öffnet sich der Fallschirm von 16 m Durchmesser, der durch 30 m lange Kabel mit dem *lander* verbunden ist, und gleich darauf wird der Aero-Schild abgesprengt und der *lander* sinkt am Fallschirm abwärts. Nach etwa einer Minute dürfte er bei 1600 m Höhe eine Fallgeschwindigkeit von 60 m/s haben. Nun wird der Fallschirm abgeworfen und drei kleine Triebwerke mit je 18 Düsen, die sich an den drei langen Seiten des im Querschnitt hexagonalen *lander* befinden, treten in Funktion und bremsen, so dass der *lander* mit 2.44 m/s auf der Marsoberfläche aufsetzen sollte. Die drei mit Stossdämpfern versehenen Landebeine haben sich schon gleich nach dem Abwerfen des Aero-Schildes ausgestreckt. Zu bemerken wäre noch, dass die Vielzahl der kleinen Düsen gewählt wurde, um die Gase in einem weiten Kegel ausströmen zu lassen, um beim Landen eine Verseuchung des Landeplatzes und Aufwirbeln von Staub auf ein Minimum zu beschränken. Schon während des Abstieges bestand Funkverbindung zwischen dem *lander* und dem *orbiter*; nach der Landung, die etwa 6 bis 13 Minuten nach dem Eintritt in die Atmosphäre erfolgt sein dürfte, nimmt der *lander* auch die Verbindung mit der Erde auf. Beide Verbindungen sind nicht kontinuierlich möglich, die nach der Erde nicht, weil Mars rotiert, die nach dem *orbiter* nicht, weil dessen Ort vom Landeplatz aus gesehen sich wegen der elliptischen Bahn des *orbiter* stark verschiebt, er geht für den *lander* auf und unter, wie man es sich im einzelnen überlegen kann. Im übrigen wird der *lander* nun sogleich mit seinem vorgeschriebenen Arbeitsprogramm beginnen.

Bevor wir noch im einzelnen auf einige dieser Aufgaben eingehen, wollen wir zunächst noch einige wichtige Instrumente und Hilfsmittel von *orbiter* und *lander* betrachten. Den *orbiter* kann man als eine Weiterentwicklung der bekannten *mariner*-Sonden ansehen, er ist aber grösser, misst im Querschnitt 9.8 m und von oben bis unten 3.3 m. Das ist nötig, weil er mehr Treibstoff mitnehmen muss; er braucht ihn, weil er stark bremsen muss, um ein Satellit des Mars zu werden, sodann muss er den *lander* abstossen. Ausserdem hat er noch weitere Funktionen. Deshalb sind seine

Tanks dreimal grösser als beim *mariner*. Auch an den Computer, das «Gehirn» des Roboters, werden höhere Anforderungen gestellt, weshalb auch dieser grösser und schwerer ist. Ferner muss auch mehr Energie verfügbar sein, weshalb auch die 4 Paddel mit den Sonnenzellen grösser sind. Diese Sonnenzellen bedecken über 15 m² und liefern im Marsabstand von der Sonne 620 Watt elektrische Energie, womit auch die Nickel-Cadmium-Batterien aufgeladen werden, die dann je nach Bedarf noch zusätzliche Energie liefern können. Eine Rundstrahlantenne für den Empfang und eine steuerbare, sehr leistungsfähige Paraboloid-Antenne von 147 cm Durchmesser für die Sendung mit 20 Watt Sendestärke sorgen für die Verbindung mit der Erde, eine weitere kleine Antenne am Ende einer der Sonnenpaddel ist für die Verbindung mit dem *lander* auf dem Mars vorgesehen. Photoelektrische Sensoren zur Orientierung nach der Sonne und nach Canopus, sowie Steuerdüsen an den Paddelenden sind ganz ähnlich wie bei *mariner* ausgeführt. Auf einer drehbaren Plattform, die am oktagonalen Hauptkörper angebracht ist, befinden sich einige Beobachtungs- und Messinstrumente. Am meisten interessieren davon die beiden Televisions-Kameras, zwei CASSEGRAIN-Teleskope von 1 m Brennweite. Das Bild auf dem Vidicon-Schirm wird elektronisch in 1056 Zeilen mit je 1182 Punkten abgetastet; die Intensität jedes Punktes wird als ein Siebenbit-Wort gemeldet; dies gibt 8.7 Millionen bit pro Bild, wobei das Abtasten 4.48 Sekunden dauert. Die Achsen der beiden Kameras sind ein wenig gegeneinander geneigt, so dass ein Bildpaar einen Raumwinkel von $3.1^\circ \times 1.51^\circ$ überdeckt. Bei einem Abstand des *orbiter* von 1500 km von der Marsoberfläche entspricht dies einem Ausschnitt von 80×40 km mit einem Auflösungsvermögen von weniger als 40 m. Auf Wunsch können 7 verschiedene Filter eingeschaltet werden, die Strahlungen kleinerer Spektralbereiche zwischen 3600 und 6500 Å durchlassen. Die Kameras dienen in erster Linie zu sorgfältigen Untersuchungen der ausgewählten Landeplätze, nach der Landung können auch noch andere Gegenden geprüft werden. Andere wichtige Instrumente auf dem *orbiter* sind ein Infrarot-Wasserdampf-Detektor und ein Infrarot-Radiometer. Beim Wasserdampfdetektor wird die Infrarot-Strahlung eines Stücks der Marsoberfläche auf ein Beugungsgitter mit 1200 Linien pro mm geleitet und in ein Spektrum zerlegt. Fünf Bleisulfid-Zellen untersuchen den Spektralbereich um $1.38 \mu\text{m}$, wo sich eine Absorptionsbande vom Wasserdampf befindet; drei Zellen sind auf die Bande abgestimmt, zwei daneben dienen zur Festlegung des Kontinuums. Man kann auf diese Weise einen ziemlichen Bereich auf der Marsoberfläche stückweise abtasten und sehr geringe Mengen von Wasserdampf in der Marsatmosphäre darüber lassen sich noch nachweisen. Ganz analog misst das Infrarot-Radiometer in solchen Bereichen mit Thermoelementen die Infrarothelligkeit, wobei unter Be-

nutzung verschiedener Filter schmale Abschnitte des Spektrums ausgeblendet werden. Daraus kann man dann die Oberflächentemperatur des Mars ableiten und registrieren; dies geschieht unter Berücksichtigung gewisser Korrekturen wegen reflektierter Sonnenstrahlung, welche man, wie auch die Atmosphärentemperatur, aus ähnlichen Messungen in wieder anderen Spektralabschnitten erhält. Diese Temperaturmessungen sind wichtig für die Auswahl eines Landeplatzes, der für organisches Leben relativ günstig sein sollte, aber sie sind auch ganz allgemein von klimatologischem und geologischem Interesse.

Während das Gewicht vom *orbiter* 2360 kg beträgt, wovon etwa 1450 kg auf Treibstoff und 65 kg auf die Instrumente entfallen, sind die entsprechenden Zahlen für den *lander* 1050 kg, 140 kg und 60 kg. Der *lander* befindet sich beim Start oberhalb vom *orbiter*, also ganz an der Spitze, und ist vom schon erwähnten Bio-Schild, das ist eine ganz dünne Haut aus Glasfasern und hitzebeständigem Kunststoff, vollständig umgeben und hermetisch abgeschlossen. Diese Hülle ist notwendig, um jede Verunreinigung durch irdische Mikroorganismen zu vermeiden, und darum wird in ihr der ganze *lander* vor dem Start zwei Tage bei 113°C sterilisiert. Auf Bild 1 sieht man, dass der *lander* wie eine Muschel zwischen zwei linsenförmigen, miteinander verbundenen Schalen ruht, die einen Durchmesser von 3.66 m haben, während die Gesamthöhe 1.94 m beträgt. Die Beine und die Instrumente sind alle eingezogen, damit der *lander* in diesem Bereich Platz hat. Die obere Schale enthält den Fallschirm, die untere ist der Aero-Schild, der nicht nur als Schutzschild dient, sondern auch eigene Triebwerke, Treibstoff und einige Instrumente enthält, die beim Abstieg zum Mars in Funktion treten. Beide Schalen werden vor Erreichen der Marsoberfläche abgeworfen und gleich danach streckt der so befreite *lander* seine drei Beine und seine Instrumente aus.

Der *lander* ist nach dem Vorbild der *surveyor* konstruiert, die man mehrfach auf dem Mond abgesetzt hat. Gegenüber dem *surveyor* bestanden zusätzliche Schwierigkeiten darin, dass alle Apparaturen die hohen Temperaturen während des Sterilisierungsprozesses vertragen müssen, dass der *lander* einen höheren Selbständigkeitsgrad haben muss, da Befehle von der Erde zu lange Zeit brauchen und er auch von der Erde aus immer einen halben Tag lang nicht erreichbar ist, und schliesslich, dass der *lander* auf der langen Reise fast ein Jahr zur Untätigkeit verurteilt ist und nach dieser Pause dann alles funktionieren muss. Zwei sehr leistungsfähige Computer mit hohem Speichervermögen sind im *lander* eingebaut, der eine ist in Aktion, der andere in Reserve. Dieser schaltet sich aber sofort ein, wenn der erste sein regelmässiges Erkennungswort nicht mehr sendet, also offenbar nicht mehr wohl auf ist. 70 Watt elektrische Energie liefern zwei thermoelektrische Isotopengeneratoren. Die beim Zerfall von Plutonium-238

entstehende Hitze wird in elektrische Energie umgewandelt, die Batterien auflädt, wobei überschüssige Hitze noch zur Erwärmung von Apparaturen dient, was bei den tiefen Nachttemperaturen auf dem Mars auch erwünscht ist. So ist die Energieversorgung unabhängig von der Sonne, die ja sowieso immer für einen halben Tag ausfällt. Die Übermittlung der Daten und Meldungen kann auf zwei Wegen erfolgen, in erster Linie über den *orbiter* mit Ultrakurzwellen, oder auch direkt zur Erde über eine steuerbare Paraboloid-Antenne von 76 cm Durchmesser auf dem sogenannten S-Band, auf dem auch der *orbiter* sendet, das sind Mikrowellen von etwa 14 cm. Ein sehr wichtiges Hilfsinstrument ist noch ein 3 m-langer Greifarm mit einer Klaue zum Einsammeln von Bodenproben. Er kann aus- und eingefahren und hin- und hergedreht werden.

Wir kommen auf die eigentlichen Messinstrumente und Apparaturen zu sprechen, wenn wir uns nur einigen der geplanten Aufgaben zuwenden, die dem *lander* gestellt sind. Schon beim Abstieg durch die Marsatmosphäre soll eine Anzahl direkter Messungen zur Gewinnung von Daten durchgeführt werden, die man bisher nur mehr oder weniger indirekt erschliessen konnte. Diese Messungen verteilen sich auf zwei Phasen. In der ersten Phase, die vom Eintritt in die Atmosphäre bis zur Entfaltung des Fallschirms reicht,

werden Temperatur, Druck, Zusammensetzung und Dichte bestimmt. Zu diesem Zweck sind am Aero-Schild Sensoren für Temperatur und Druck, ein Beschleunigungsmesser, ein Massenspektrometer und ein Verzögerungs-Potential-Analysator angebracht. Das Massenspektrometer ermöglicht es, die relativen Beiträge der einzelnen atmosphärischen Bestandteile im Bereich von 1 bis 50 Atomeinheiten zu ermitteln. Der Potential-Analysator misst die Konzentration und die Energie der Ionen und Elektronen in der höheren Atmosphäre und ist wirksam bei Konzentrationen zwischen 10 und 10^6 Teilchen pro cm^3 . Nach unsern bisherigen Kenntnissen existiert eine relativ dichte Ionosphäre um etwa 130 km Höhe herum. Die Dichte schliesslich wird aus dem Druck, aus der Zusammensetzung und aus dem aerodynamischen Widerstand, den man aus den Beschleunigungsmessungen erhält, abgeleitet. In der zweiten Phase, wenn der Aero-Schild abgeworfen ist, werden Temperatur und Druck durch entsprechende Sensoren am *lander* selbst gemessen. Es ist hervorzuheben, dass alle diese Messungen in kurzen Intervallen wiederholt werden, so dass man auf diese Weise ein gutes Profil der ganzen Atmosphäre bekommt, und dass die Funkverbindung zwischen dem *lander* und dem *orbiter* in Betrieb ist, seit sich die beiden getrennt haben.

Für die eingangs erwähnte Suche nach Leben, das

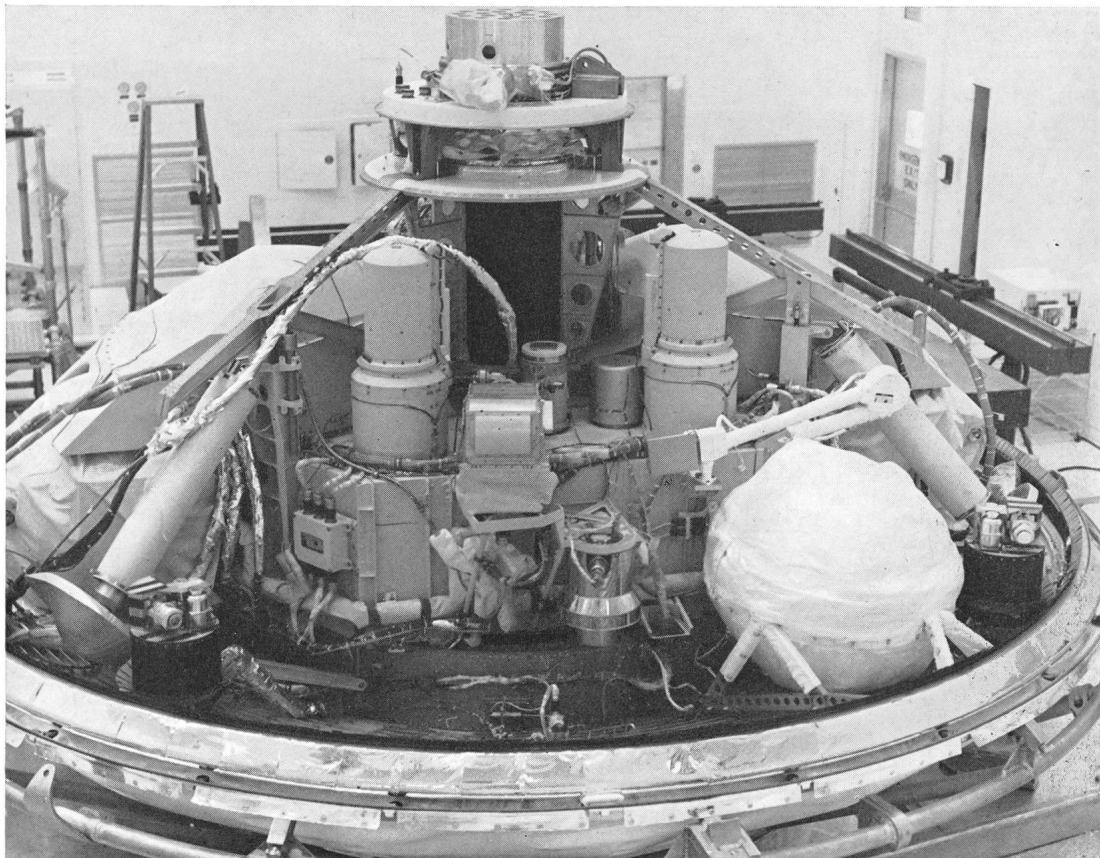


Abb. 2: Ein Blick in das Innere des *lander*. NASA-Photo 75-HC-17.

wichtigste Ziel dieses ganzen Unternehmens, sind in Anlehnung an Vorgänge, die man von irdischen Organismen her kennt, drei Experimente erdacht worden. Im ersten Fall handelt es sich um eine photosynthetische Analyse. Einer Bodenprobe wird an Stelle eines Teils der Kohlensäure der Marsatmosphäre Kohlensäure mit dem radioaktiven Isotop C-14 beigegeben, also «markierte» Kohlensäure. Nach dem Prinzip der Photosynthese sollten Mikroorganismen unter dem Einfluss von Sonnenlicht, das durch eine Xenon-Lampe simuliert wird, Kohlensäure assimilieren. Nach einigen Tagen wird alles Gas entfernt und dann die Bodenprobe auf 600°C erhitzt, wodurch organischer Dampf daraus herausgetrieben wird, den man nun auf das radioaktive Kohlenstoff-Isotop hin prüft. Ist solcher Kohlenstoff vorhanden, dann hat tatsächlich ein synthetischer Prozess stattgefunden, was ein zwingender Hinweis auf organisches Leben ist. Wichtig ist, dass hier alles unter Bedingungen abläuft, wie sie auf dem Mars herrschen, und dass auch vor dem Prozess nichts an etwaigem Leben zerstört worden ist.

Beim zweiten Experiment wird die Bodenprobe mit einer markierten Nährflüssigkeit befeuchtet, z. B. mit Zucker, der C-14 enthält. Finden sich im Laufe der Zeit im Gas darüber zunehmend C-14 Gase, so ist das ein Zeichen dafür, dass Mikroorganismen die Nährflüssigkeit aufgenommen und verarbeitet haben. Das wäre ein überzeugender Beweis für Stoffwechsel, also für Leben.

Beim dritten Versuch wird ähnlich wie eben die Bodenprobe reichlich mit einer Nährflüssigkeit befeuchtet und ganz normale Marsatmosphäre vom Standort in die Kammer gepumpt. Nach einiger Zeit untersucht man in periodischen Abständen die Zusammensetzung des Gases darüber in einem Gas-Chromatographen, um festzustellen, ob irgendwelche Änderungen eingetreten sind. Nach unsern Kenntnissen werden z. B. von Mikroorganismen in einer dunklen und sauerstoffarmen Umwelt Methan und Kohlendioxyde produziert. Ändert sich also die Konzentration solcher Gase, so wäre das ein Zeichen dafür, dass Mikroorganismen existieren und «geatmet» haben.

Ergibt sich bei einem dieser Experimente ein positives Resultat, so wird zur Kontrolle eine Bodenprobe von der gleichen Stelle durch Erhitzen sterilisiert und dann das Experiment mit dieser «toten» Materie noch einmal durchgeführt, und nun darf sich natürlich kein Lebenszeichen zeigen. Es ist klar, dass der praktische Aufbau aller dieser Experimente, die völlig automatisch ablaufen müssen, nicht ganz einfach ist. Die Proben müssen gesammelt und transportiert werden, es müssen die nötigen Substanzen dazugegeben werden, nach einer gewissen Zeit setzen die Analysen ein, kurzum man braucht drei völlig selbstständig arbeitende Laboratorien. Die Ergebnisse werden lehren, ob man wirklich an alles gedacht hat.

Eine andere Aufgabe ist die rein chemische Analyse der Atmosphäre und von Bodenproben. Die atmosphärische ist dabei noch relativ unkompliziert, man braucht nur ein Massen-Spektrometer, wie man schon eins vor der Landung auf dem Aero-Schild hatte. Die Moleküle der Marsatmosphäre werden von einem Elektronenstrom, der vom Instrument ausgeschickt wird, bombardiert und dadurch ionisiert, worauf sie sich mit elektromagnetischen Mitteln nach ihrer Masse sortieren lassen. Praktisch besteht die Hauptschwierigkeit darin, einen möglichst breiten Massenbereich zu erfassen. So wurde bei diesem Massen-Spektrographen zu gunsten der schweren auf die ganz leichten Teilchen verzichtet, so dass der messbare Massenbereich von 12 bis zu 200 Atommasseneinheiten geht. Es besteht aber auch noch die Möglichkeit, zuerst alle Kohlenstoffoxyde, die mehr als 90% der «Marsluft» ausmachen, herauszufiltern, um die restlichen Bestandteile dann mit grösserer Genauigkeit zu erfassen. Den Zustand der Marsatmosphäre wird man im übrigen häufiger untersuchen, jahreszeitliche Variationen könnten sich zeigen und diese könnten vielleicht auch durch Organismen verursacht sein. Die Empfindlichkeit der Messungen sollte mit 10^{-7} sehr hoch sein. Bei Bodenuntersuchungen geht man schrittweise vor. Die Proben werden zunächst auf 200°C erhitzt. Sind reichlich organische Substanzen darin enthalten, so wird das meiste davon verdampfen, und man schickt diese Gase zum Gas-Chromatographen, das ist im wesentlichen eine lange Röhre, die mit verschiedenen Filterstoffen gefüllt ist. Diese bewirken, dass verschiedene Gase je nach ihren Eigenschaften verschieden rasch durchdringen. So hat man schon eine Vorsortierung erreicht. Dann leitet man diese Gase zur weiteren Analyse zum Massen-Spektrographen. Bei 200°C ist man noch ziemlich sicher, dass wenige oder keine der komplizierteren organischen Moleküle zerstört sind. Sind hingegen nur wenig organische Moleküle in der Bodenprobe enthalten, so wird sich auch bei 200°C nur wenig Gas entwickeln. In diesem Fall erhitzt man dann weiter auf 350°C und bis auf 500°C, auch im ersten Fall wird man das tun, wenn die erste Analyse abgeschlossen ist. Bei diesen hohen Temperaturen werden sehr viele Stoffe verdampfen und somit analysiert werden können. Bei einem hohen Grad von organischen Substanzen könnte man übrigens auch aktives oder einst vorhandenes organisches Leben vermuten.

Während diese Methoden dem Nachweis von organischen Substanzen dienen, benützt man für die Untersuchung der Bodenproben nach ihrer anorganischen Zusammensetzung ein RÖNTGENfluoreszenz-Spektrometer. Gamma-Strahlen radioaktiver Elemente, von Eisen-55 und Cadmium-109, bombardieren die Substanzen, welche dadurch zur Aussendung von RÖNTGENstrahlen angeregt werden, die für das betreffende Element charakteristisch sind. Man misst die Verteilung und die Energie der RÖNTGENstrahlung in diesem Fluoreszenzspektrum und kann dar-

aus die Häufigkeit der Elemente der Atomzahl grösser als 12 berechnen, wobei man allerdings nicht erfährt, wie diese auf die einzelnen Stoffe verteilt sind. Es gelingt aber auf diese Weise, häufige, weniger häufige und oft auch ganz seltene Elemente nachzuweisen, wenn 0.02% bis 2% davon vorhanden sind. Die Empfindlichkeit der Methode hängt vom jeweiligen Element ab.

Ein weiteres wichtiges Instrument oben auf dem *lander* ist eine Doppel-Kamera. Sie kann im Azimut um 360° geschwenkt und in Höhe auf den Untergrund neben dem *lander* bis herauf zu +40° gerichtet werden. Das Bild wird Punkt für Punkt abgetastet, erst eine vertikale Linie durch sukzessives Drehen eines Spiegels, dann eine benachbarte Linie in der gleichen Weise nach Drehung der Kamera um 0.1° und so fort. Jedes Punktbild fällt auf eine Photozelle und wird registriert. Das ganze Bild wird schliesslich auf der Erde in genau der gleichen Weise wieder zusammengesetzt. Durch geeignete Filter sind auch Farbaufnahmen möglich, und da es zwei Kameras sind, kann man auch Stereoskopbilder erhalten. Diese Kamera liefert Informationen über den geologischen Charakter der ganzen Umgebung, auch z. B. über das Nahen von Staubstürmen. Man wird auch die Ein-

drücke der Beine des *lander* in den Boden abbilden, hier beträgt das Auflösungsvermögen einige Millimeter, ebenso die Spuren des Greifers im Untergrund, und auch die Wirkungen von verschiedenen Magneten, die an der Greiferklaue angebracht sind. Aus allen Bildern kann man dann wichtige Schlüsse ziehen.

Eine Wetterstation auf dem *lander* kann ähnlich wie der Greifer ausgefahren und wieder hereingeholt werden. Druck, Temperatur, Windrichtung und -geschwindigkeit werden mehrmals am Tage gemessen. Eine Druckkammer mit empfindlichen Fühlern, Thermolemente und ein raffiniert konstruiertes Anemometer sind dafür vorhanden. Ein dreiachsiges Seismometer ist ebenfalls auf dem *lander* montiert, das Meteoriteneinschläge und Marsbeben im Frequenzbereich von 0.4 bis 4 Hz erfasst. Bei stärkeren Erschütterungen schaltet es sich selbständig auf ein rascheres Sammeln der Daten um. Die aktive Lebensdauer vom *lander* ist für mindestens 90 Tage, die vom *orbiter* für mindestens 140 Tage vorgesehen, aber gewisse Informationen werden auch noch über diese Zeitspanne hinaus geliefert werden. Es besteht so dann auch noch die Möglichkeit, dass Viking B gewisse Erfahrungen von Viking A verwertet, und dass beide Systeme sich gegenseitig helfen.

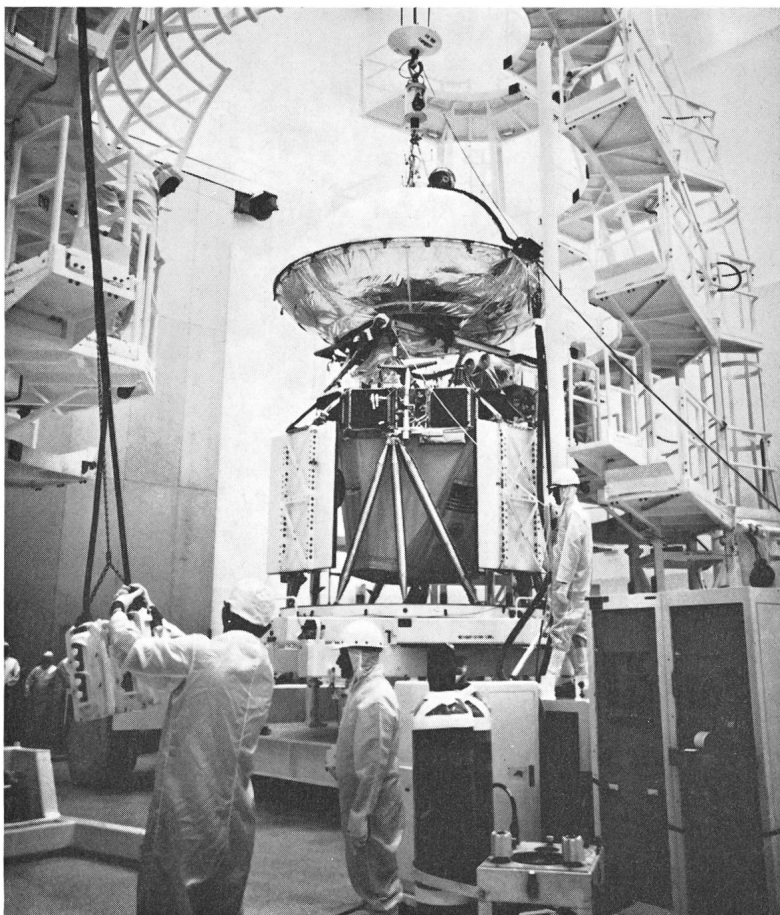


Abb. 3: Der Zusammenbau von *orbiter* und *lander*. NASA-Photo 75-HC-111.

Das Projekt *Viking* ist sehr vielseitig; es ist sehr sorgfältig durchdacht. Hier konnte nur ein kurzer Überblick über das Wichtigste gegeben werden, aber man sollte daraus doch einen Begriff von den angestrebten Zielen bekommen. Man erkennt aber auch,

dass sehr vieles gleichzeitig funktionieren muss, und wir wollen hoffen, dass der Erfolg nicht ausbleibt.

Wir danken der NASA für die Überlassung der Abbildungen und der Vorberichte über das Projekt *Viking*.

Zusammenfassung

Das Projekt *Viking* ist der Plan einer unbemannten, weichen Landung auf dem Mars, bei der neben vielen anderen Messungen vor allem Untersuchungen von Bodenproben im Hinblick auf etwa vorhandene Mikroorganismen durchgeführt werden sollen. Die Raumsonde *Viking* besteht aus zwei Hauptteilen, die sich in der Nähe des Mars trennen sollen: *orbiter* umkreist den Mars als Satellit, *lander* landet und bleibt auf der Marsoberfläche. Der vorgesehene Verlauf von Start, Flug und Landung wird im einzelnen beschrieben, auf den Aufbau und die Instrumentierung von *orbiter* und *lander* wird ausführlich eingegangen und im besonderen wird erörtert, welche Aufgaben

den beiden Sonden-Komponenten gestellt sind und wie sie gelöst werden sollen. Von speziellem Interesse sind dabei drei sorgsam überlegte Experimente, die es ermöglichen sollen, Existenz oder Nichtexistenz von Mikroorganismen auf dem Mars mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit nachzuweisen. Die praktische Durchführung dieser Experimente erfordert, dass dafür auf dem *lander* drei getrennte Laboratorien eingerichtet werden. Der Start zweier *Viking*-Sonden ist innerhalb desselben Startfensters zwischen Mitte August und Mitte September 1975 vorgesehen und es ist zu hoffen, dass das Unternehmen erfolgreich verlaufen wird.

Résumé

Le projet *Viking* prévoit l'atterrissage en douceur d'un engin non habité sur Mars. A part de nombreuses autres expériences, on procédera spécialement à l'examen d'échantillons du sol martien afin de déceler d'éventuels micro-organismes. La sonde spatiale *Viking* se compose de deux parties qui doivent se séparer à proximité de la planète rouge: l'*Orbiter* qui se mettra en orbite autour de Mars et le *Lander* qui atterrira sur la surface martienne et y restera. Le déroulement prévu du lancement, du vol et de l'atterrissage est décrit en détail, de même que la conception et les instruments de l'*orbiter* et du *lander* et on

y relate en particulier les tâches à accomplir par les deux composantes de la sonde et la manière de les résoudre. Trois expériences bien conçues sont d'un intérêt particulier et doivent permettre de démontrer avec une grande probabilité l'existence ou la non-existence de micro-organismes sur Mars. L'exécution pratique de ces expériences exige que trois laboratoires différents soient installés sur le *lander*. Le lancement de deux sondes *Viking* est prévu pendant la même «fenêtre» entre mi-août et mi-septembre 1975 et il faut espérer qu'il sera couronné de succès.

Adresse des Verfassers:

Prof. Dr. HELMUT MÜLLER, Herzogenmühlestrasse 4, CH-8051 Zürich.

Professor Dr. Hans Kienle †

Am 15. Februar 1975 starb in Heidelberg Prof. Dr. HANS KIENLE nach kurzer Krankheit im 80. Lebensjahr. Er war einer der profiliertesten deutschen Astronomen vornehmlich astrophysikalischer Richtung, der als Ordinarius in Göttingen, Potsdam und Heidelberg tätig war und der nach seiner Emeritierung neue Wirkungskreise in Heluan (Ägypten) und Izmir (Türkei) fand. Auch als Initiator neuer Grossinstrumente für die Forschung wird sein Name bleiben:

Das 2-m-Teleskop in Tautenburg und das 1.75-m-Teleskop in Heluan sind seiner Initiative zu verdanken. HANS KIENLE hat wie kaum ein anderer deutscher Astronom eine grosse Zahl junger Fachkollegen ausgebildet und in ihren Beruf eingeführt. Zwei seiner Schüler, Prof. Dr. H. HAFFNER und Prof. Dr. A. KIZILIRMAK haben ihm denn auch in SuW 6/75 Nachrufe gewidmet, die über seinen Lebenslauf des näheren berichten.

BBSAG-Bulletin No. 22

ist am 10. Juni 1975 herausgegeben worden und bringt auf 5 Seiten 282 im April und Mai 1975 beobachtete Minima von Bedeckungsveränderlichen. Ausserdem wird eine verbesserte Periode von SZ Librae mitgeteilt. Neue Totalitätsangaben für SX Hya und TY Lib, sowie eine Bemerkung zum letzten Mini-

mum von UV Lyn und eine Berichtigung bezüglich AU Ser werden ebenfalls gegeben. Auch dieses Bulletin kann, wie die vorhergehenden, von K. LOCHER, Rebrainstrasse, CH-8624 Grüt bei Wetzikon, bezogen werden.