

WILHELM FOERSTER STERNWARTE E. MIT ZEISS-PLANETARIUM BERLIN

BERLIN 41 · Munsterdamm 90 · Insulaner · Ruf 7962029

Protokoll

der

245. Sitzung der GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER 1980 September 8

Beginn: 20.05 Uhr

Es sind erschienen die Damen Badeja, M.-L. Jechow, M. Jechow, Sävecke, M. Schmitz sowie die Herren Böhme, Domniguez, Engelhardt, Freitag, Hänig, Jechow, Jürgens, Kirschke, Kunert, Liebold, Meyer, J.G. Schmidt, M. Schulz, Völker, Westerwell u. 5 Gäste.

Herr Kunert eröffnet die Sitzung, begrüßt die Teilnehmer zur ersten Zusammenkunft nach der Sommerpause und gibt die Tagesordnung bekannt.

Anschließend erhält Herr Freitag das Wort zu einem Artikel aus dem Heft ICARUS, Vol. 41, Nr. 2, Febr. 1980: "Mutual Strategy of Search for CETI Call Signals" von P.V. Makovetskii, Leningrad (CETI = Kommunikationswillige Extra-Terrestrische Intelligenzen). Er berichtet wie folgt:

"Die Frage nach dem Vorhandensein von ETIs ist weder durch Argumente zu klären, noch durch Spekulationen zu beantworten. Um uns dem Komplex des noch Unbekannten zu nähern, sollten wir uns auf die erprobten Wege der Forschung und Beobachtung besinnen (Datensammeln).

In der Annahme, daß ETIs, so wie wir Erdbewohner, mit möglichst geringem Aufwand von der Existenz anderer Zivilisationen erfahren möchten, hat der Autor eine "Strategie für die Suche nach Rufzeichen von CETIs" entwickelt.

Wir kennen zunächst weder die Heimatsterne der ETIs

R	Abstand	}	= Anschrift
α	Rektaszension		
δ	Deklination		

noch wissen wir, wann uns ihr Signal erreichen wird.

t_0 Empfangszeit = Sendezeit + Lichtabstand.

Außerdem sind unbekannt: ETIs bevorzugte

f	Frequenz (im elektromagnetischen Spektrum)
m	Modulation
b	Bandbreite
rr	Wiederholungsrate (der Meldung)
c	Code
s	Semantik

Mathematisch beschreibt man diese mißliche Lage, indem man sagt: Der 10-dimensionale Raum $\Pi = \Pi(R, \alpha, \delta, t_0, f, m, b, r, c, s)$ enthält keine universell ausgezeichneten Punkte.

Gesucht ist jedoch ein Verfahren, sich mit vielen ETIs ohne vorherige Absprache auf einen oder wenige Punkte von Π zu verständigen. Prüfen wir zunächst, welche Gemeinsamkeiten es zwischen uns und irgendwelchen ETIs geben kann.

Wir sprechen von technischen Zivilisationen. Sie beherrschen Mathematik und Physik, zumindest soweit es für Sendung und Empfang von Radiosignalen nötig ist. Sie betreiben Astronomie und beobachten dasselbe Universum wie wir.

Für ETIs unserer Galaxie sind Kugelsternhaufen oder der Crab-Nebel vielleicht ebenfalls Objekte "gesteigerter Aufmerksamkeit wert".

Hierin liegt eine Chance, zunächst α und δ auf einige Fleckchen der Himmelskugel zu beschränken. Empfangen und senden wir besonders in Richtung Crab-Nebel und folgen auch ETIs diesem Beispiel, so hätten wir damit gegenüber willkürlichem Suchen eine wesentliche Verbesserung erreicht. Es hätte dann (mehrere ETIs vorausgesetzt) den Anschein, als wirke der Crab-Nebel wie ein Leuchtfeuer von Suchsignalen. Wenn sich gegenüber vom Crab-Nebel (auf der Geraden von der Sonne durch sein Zentrum) nun kein CETI befindet, oder wenn die ETIs dort ihr Interesse dem Zentrum der Milchstraße oder speziellen Protosternen zuwenden, so bliebe der Versuch erfolglos.

Man bemerkt sehr schnell, daß der Begriff "im Zentrum der Aufmerksamkeit" oder "auffälliges Objekt" subjektiv ist. Im Jahre 1950 wäre von uns auf der Erde eine andere Liste auffälliger Objekte erstellt worden als 1980. Den Begriff des Leuchtfeuers benutzt der Autor später für eine überzeugendere Hypothese.

Welcher Art sollte unsere (oder ETIs) Sendung sein? - Der Informationsunterraum ist $J = J(f, m, b, c, r, s)$; wir können ihn sinnvoll verkleinern. Als Sende- und Empfangsfrequenz schlägt MAKOVETSKII vor, die Frequenz des neutralen Wasserstoffs ($= f_H$), die auch für andere Bewohner des Universums bedeutend sein dürfte, mit einer mathematischen Konstante zu multiplizieren; die Konstante z.B. $\pi, 2\pi, \sqrt{2}, \frac{1}{\pi}, \frac{1}{2\pi}, \frac{1}{\sqrt{2}}$ deutet die Künstlichkeit

des Signals an. Benutzt man keine Modulation, so können ebenfalls die Dimensionen, Bandbreite, Code und Wiederholungsrate, nicht besetzt werden; sendet man zur "richtigen Zeit" einige der 6 möglichen Dauerfrequenzen, so sind auch die Dimension f und s zu wenigen Punkten zusammengeschrumpft.

Folgende Vorteile kann die Konstruktion $f_H \cdot (\text{math. Faktor})$ für sich verbuchen:

- 1.) Der Empfang und die Deutung der Signale sind nicht an die Registrierung oder Entzifferung von Modulationen gebunden.
- 2.) Der Liniencharakter der Signale ermöglicht Filter geringer Bandbreite und verbessert damit die Effizienz der Messungen.
- 3.) Unterschiedliche interstellare Adsorption kann ein monochromatisches Signal schwächen, jedoch nicht verstümmeln.
- 4.) Durch Multiplikation von f_H mit $\pi, 2\pi, \sqrt{2}, \dots$ wird das Signal aus dem Bereich interstellarer Adsorption und Emission von Wasserstoff herausgehoben; universumweit wird die physikalische Information der f_H nicht verfälscht.
- 5.) Der Liniencharakter in $f_H \cdot (\text{math. Faktor})$ und der Zeitplan (wird noch begründet) sind starke Argumente für die Künstlichkeit des Signals.

Bisher wurde die Dimension t_0 nicht berührt. Jedoch gibt es Ereignisse im Universum, die Zeitmarken setzen:

Das Erscheinen einer Nova oder Supernova. Deshalb empfiehlt und vermutet MAKOVETSKII folgendes Verfahren:

Wenige Stunden nach der Feststellung des Maximums einer Nova sendet jede Zivilisation in Ausbreitungsrichtung des Nova-Signals den "bewußten Dauerton $f_H \cdot (\text{math. Faktor})$ "; Sendedauer 3 Tage bis 1 Woche. Danach versucht man, aus dem Raum zwischen Sonne und Nova CETIs-Signale zu empfangen. Der Zeitabstand zum Novaausbruch, unter dem wir Signale empfangen, ist dann eine zusätzliche rechnerische Hilfe für die Astrometrie, denn er ist ein Maß für den Abstand des Senders von den Brennpunkten (Sonne und Nova) des Informations-Rotations-Elipsoids (= IRE).

Der Autor schlägt vor, dieses Verfahren für die Nova Cygni 1975 noch zu nutzen; gegenwärtig überstreicht unser IRE (Nova Cygni 1975, Sonne) pro Tag mehr als 1000 Sterne. Noch bis zum Jahre 2000 kann eine einzige Radioantenne bei kleiner Winkelauflösung (wenige Quadratgrad) CETI-Entdeckung betreiben. - In eleganter Weise ist nun ebenfalls α und δ durch die Nova festgelegt, also unserer Einschätzung von "auffälligen Objekten" entzogen.

Die wesentlichen Vorteile des Konzepts "gegenseitiger Kommunikationsstrategie" sind offenbar; dazu einige Gedanken aus dem Schlußwort des Autors:

- 1.) Die Wahrscheinlichkeit, von CETIs zu erfahren, ist wesentlich größer, wenn man das Konzept des "natürlichen Leuchtfeuers" verfolgt, als bei willkürlichem Suchen.
- 2.) Der Zeitpunkt des Suchbeginns sowie α und δ ist durch den Ausbruch der Nova festgelegt.
- 3.) Z.B. Nova Cygni 1975 erlaubt uns, pro Tag über 1000 Sterne aus einem kleinen Winkelbereich für unseren Entdeckungskalender abzuhaken.
Dauer: Noch 20 - 40 Jahre.
- 4.) Nur nach endlich vielen Frequenzen des Typs $f_H \cdot (\text{math. Faktor})$ sollte man suchen (nicht zu enge Frequenzfilter wählen, um mögliche Dopplereffekte zu berücksichtigen).
- 5.) Falls wir zwei Frequenzen empfangen, können wir den Doppleranteil zweifelsfrei errechnen.
- 6.) Wir selbst sollten nach dem Maximum der nächsten Nova senden und damit unsere Hoffnung, irgendwann einmal Signale zu empfangen, unterstreichen. -"

Die Versammelten danken Herrn Freitag für die interessante Übersicht.

Dann erhält Herr J.-G. Schmidt das Wort. Er berichtet aus dem "Wiener Sternboten" über das Referat der Herren Dr. G. Kurat und Dr. A. Kracher zum Thema "Die Mondgesteine" wie folgt:

"Es ist ja schon seit langer Zeit der Wunschtraum der Menschheit, insbesondere der Astronomen und Geologen, außerirdische Materie von Himmelskörpern zu erhalten. Man hätte zu gerne gewußt, wie sich diese fremden Proben gegenüber den Proben unserer Erde in ihrer Zusammensetzung unterscheiden. Bisher war man nur auf die Untersuchung von Meteoriten angewiesen. Da ja unser Planet zu 71% mit Wasser bedeckt ist, sind wohl die meisten der Meteoriten, sofern sie nicht schon in der Atmosphäre verdampft sind, ins Wasser, in die Weltmeere, gefallen und so für uns un~~er~~reichbar geworden. Unser nächster Himmelskörper ist der Mond. Erst das Zeitalter der Raumschiffe erfüllte uns den Wunsch, daß Menschen den Mond, unseren Erdtrabanten, betreten konnten. Den Amerikanern gelang es mit Apollo 11 am 21. Juli 1969, die beiden ersten Menschen auf dem Mond zu landen. Es waren die Astronauten Neil Armstrong und Edwin Aldrin. So kamen mit der glücklichen Rückkehr der Mondfahrer auch die ersten Mondgesteinsproben auf die Erde. Bei der vorläufig letzten Landung der Amerikaner mit Apollo 17 am 11.12.72 konnte auch ein Geologe, Dr. Schmitt, den Mond betreten. Auch die Russen brachten von drei, allerdings unbemannten Luna-Missionen Mondproben zur Erde.

Bereits nach den ersten Untersuchungen der Mondproben ergab es sich, daß die Feststellung der geologischen Verhältnisse auf dem Erdtrabanten schwieriger als erwartet war. Dies lag daran, daß nur Material sehr kleiner Teilchengröße zur Verfügung stand, auch jedes größere Handstück, das die Astronauten auf sammelten, erwies sich als komplexe Brekzie (Trümmergestein), die ihrerseits wieder aus mikroskopischen Mineral- u. Gesteinsbruchstücken aufgebaut war. Die schließlich identifizierten Gesteinstypen überraschten zum anderen durch eine erstaunliche Vielfalt. Der Vergleich der Proben von verschiedenen Landeplätzen ließ genetische Zusammenhänge zwischen den einzelnen Gesteinstypen erkennbar werden und zeigte zugleich auch, daß jede Landestelle nicht nur den örtlichen Bereich charakterisiert, sondern ein Einzugsgebiet hat, welches z.T. Millionen Quadratkilometer umfassen kann. Dies kommt daher, daß die Mondoberfläche seit der Entstehung des Mondes einem Beschuß von extralunaren Körpern ausgesetzt war. Diese Einschläge führten zur Bildung der Mondkrater, zum Transport von Oberflächenmaterial über weite Strecken der Mondoberfläche und damit zu einer umfassenden Materialumwälzung. Die so geschaffenen chaotischen Zustände haben auch ihre Vorteile: Eine an einem beliebigen Ort genommene Mondbodenprobe - und sei sie noch so winzig - enthält bedeutend mehr Informationen als eine entsprechende Probe von unserer Erde.

Die Entwicklung des Mondes ist im Vergleich zu jener der Erde recht einfach: In der Spätzeit der Akkretion (Zusammenballung der Materie zu Himmelskörpern) des Mondes, vor ca. 4,5 Milliarden Jahren, erhitzen sich zumindest die äußeren Zonen des Mondes bis zur Schmelzbildung. Mit der folgenden Abkühlung dieser Schmelze erfolgte die erste großräumige geochemische Fraktionierung des Mondes. Hierdurch kam es zu einer mondweiten Trennung von Fe - Mg - Silikaten, die den oberen Mondmantel bildeten (Kristalle sammeln sich im tiefsten Bereich der Schmelze an) und Ca - Al - Silikaten, welche die frühe Mondkruste bildeten. Diese Kristalle schwimmen auf der Schmelze und sammeln sich an der Oberfläche. Kurz nach seiner Entstehung hatte der Mond zumindest in den äußeren wenigen 100 km einen geochemischen differenzierten, zonaren Aufbau entwickelt. Im Zuge der Endphase der Akkretion wurde die Kruste noch an vielen Stellen durch größere Körper eingeschlagen. Es bildeten sich dadurch große Vertiefungen an der Mondoberfläche, welche nach und nach durch basaltische Ergüsse aufgefüllt wurden. Diese Basalte entstanden durch teilweises Aufschmelzen der bei der früheren Differentiation des Mondes entstandenen Mondmantelgesteine. In der frühen Phase lag die Quelle dieser Basalte verhältnismäßig nahe der Mondoberfläche und wanderte mit zunehmender Abkühlung des Mondes in größere Tiefen. Heute liegt der Bereich partieller Aufschmelzungen des Mondes in ca. 1000 km Tiefe und kann daher für die Mondoberfläche kaum mehr aktiv sein. Der Ausfluß größerer Mengen Basaltes endete vor rund 3 Milliarden Jahren. Diese nun gefüllten Vertiefungen sind mit bloßem Auge leicht als dunkle Flecken (Maria) auf dem Monde zu erkennen! Die hellen Hochländer werden von den Resten der alten Kruste gebildet. Die Maria sind mit Basalten gefüllt, z.B. Klinopyroxen und Plagioklas; die Hochländer bestehen aus durchweg plagioklasreichen Gesteinen. Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen Maria und Hochländer liegt in der Kraterhäufigkeit: Die Hochländer sind sehr kraterreich, während die Maria verhältnismäßig kraterarm sind. Dieser Unterschied zeigt deutlich die verschiedenen Alter dieser Landschaften. Bei der Analysierung der Mondproben gab es eine große Überraschung: Die Einschlaghäufigkeit war vor mehr als 4 Milliarden Jahren um mehrere Zehnerpotenzen größer als vor 3 Milliarden Jahren und seither! Die petrologische Forschung beschäftigt sich jetzt vorwiegend mit Detailfragen, die immer wieder zu neuen Erkenntnissen führen. In Wien wurde vorwiegend von russischen Luna-Missionen Mondgestein am Naturhistorischen Museum und am Institut für Analytische Chemie der Universität untersucht.

An der Universität werden hauptsächlich durch die Neutronenaktivierungsanalyse die Spurenelemente bestimmt, und am Naturhistorischen Museum werden petrologische Probleme mit Hilfe der Elektronenstrahl-Mikrosonde bearbeitet. Letzteres ist ein sehr aufwendiges Unterfangen. Müssen doch für eine kleine Probe von wenigen Milligramm Gewicht neben der beschreibenden Mikroskoparbeit einige 1000 Analysen mittels Elektronenstrahl-Mikrosonde erstellt werden. Da bei der fraktionierten Kristallisation Minerale gebildet werden, deren Zusammensetzung sich in charakteristischer Weise über einen weiteren Bereich ändert, müssen an vielen Punkten desselben Mineralkorns und an vielen Mineralkörnern desselben Gesteins Vollanalysen ausgeführt werden, um Aussagen über die Kristallisationsbedingungen zu erhalten. Man benötigt etwa 500 Elementanalysen für ein einziges Gesteinsbruchstück in der Größe von etwa 0,5 mm, um ausreichend seine Entstehungsgeschichte analysieren zu können. Die bisherigen Ergebnisse zeigen aber, daß sich diese wissenschaftliche Kleinarbeit lohnt. Die Untersuchungen der Proben von den Landstellen der Sonden Luna 16 (Mare Fecunditatis am 20.9.70) und Luna 24 (Mare Crisium am 18.8.76) und Luna 20 (im dazwischenliegenden Hochland am 21.2.71) brachten neue Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Basalten, Mineralfragmenten, Gläsern und Brekzien an derselben Landestelle. In beiden Fällen bestehen nämlich merkbare Unterschiede in der Zusammensetzung zwischen diesen Komponenten, die es ausschließen, daß Brekzien einfach durch Zertrümmerung des örtlichen Basalts - infolge von Meteoriteneinschlägen - entstanden sind. In Sonderheit ist das Fe/Mg-Verhältnis in den Brekzien durchaus niedriger als in den Basalten. Das Fe/Mg-Verhältnis ändert sich bei der Bildung von Basalten, die durch partielles Aufschmelzen - in diesem Fall der Pyroxen-Plagioklas-Mondmantelgesteine - entstehen, je nach dem Ausmaß des partiellen Schmelzprozesses. Wenn nur wenige Prozent des Ausgangsmaterials aufgeschmolzen werden, ist das Fe/Mg-Verhältnis in der Schmelze wesentlich höher als im Ausgangsgestein, und mit zunehmendem Aufschmelzungsgrad nimmt das Fe/Mg-Verhältnis ab. Im Fall der Luna 16 und Luna 24-Gesteine liegt daher der Schluß nahe, daß die Brekzien aus einem älteren Basalt gebildet wurden, bei dessen Entstehung der Mond noch heiß war, und der daher einen hohen partiellen Aufschmelzungsgrad des Mondmantels repräsentiert. Erst später bildete sich jener Lavafluß, aus dem auch intakte Basaltfragmente erhalten geblieben sind, und der infolge der inzwischen erfolgten Abkühlung des Mondes einem geringeren Aufschmelzungsgrad entspricht. Diese Hypothese hat sich inzwischen zumindest für die Luna-16-Landestelle bewahrheitet. An der Luna-24-Landestelle scheinen die Verhältnisse noch komplizierter zu sein. Mit weiteren Ergebnissen ist jedenfalls zu rechnen.

In der Größe zwischen Mond und Erde gibt es z.Z. neun Himmelskörper, von denen wir heute geologische Aussagen machen können: Die 4 terrestrischen Planeten, der Erdmond und die 4 Galileischen Jupitermonde. Wenn nun in diesem November (1980) evtl. Titan als zehnter Himmelskörper hinzukommt, dann wäre es vielleicht eine passende Gelegenheit, sich in Erinnerung zu rufen, wie wichtig die Untersuchung unseres Erdmondes für die Entwicklung jener Methoden war, mit denen wir jetzt Hunderte Millionen km entfernte Himmelskörper erforschen. Der Mond ist ja bisher der einzige ausserirdische Himmelskörper, von dem wir gezielt Proben nehmen und in unseren Laboratorien untersuchen konnten. Also hat uns die Untersuchung der Mondgesteine nicht nur neue Erkenntnisse über den Mond selbst gebracht, sondern auch in vielfacher Weise unser Wissen über andere Körper unseres Sonnensystems, nicht zuletzt über unsere Erde, bedeutend bereichert."

Auch Herrn Schmidt wird für seinen Bericht sehr herzlich gedankt.