

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 9 (1964)
Heft: 86

Artikel: Materie im interplanetaren Raum
Autor: Elsässer, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900235>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.04.2026

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

ORION

Mitteilungen der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

SEPTEMBER – OKTOBER 1964

No 86

4. Heft von Band IX – 4^e fascicule du Tome IX

MATERIE IM INTERPLANETAREN RAUM *

Von H. ELSÄSSER, Heidelberg

Die Erforschung der interplanetaren Materie ist in den letzten Jahren zu einem aktuellen und an vielen Orten gepflegten Arbeitsgebiet der Astronomie geworden. Dahinter steht nicht zuletzt der Wunsch, für eine zukünftige Weltraumfahrt die Bedingungen in der näheren Umgebung der Erde und im Planetensystem besser kennenzulernen als bisher. Daneben nährt sich das heutige Interesse am interplanetaren Raum unter anderem an Fragestellungen der Sonnenphysik, die genaueres über die äussersten Ausläufer der solaren Atmosphäre wissen möchte; von dieser müssen wir heute annehmen, dass sie sich weit ins Planetensystem hinein erstreckt.

Man sollte aber andererseits nicht vergessen, dass die Untersuchung der interplanetaren Materie ein traditionsreiches Feld astronomischer Betätigung ist. Schon vor mehr als 150 Jahren hat sich die Ansicht durchgesetzt, das Meteorphänomen gehe auf Körper ausserirdischen Ursprungs zurück, die sich unter günstigen Umständen nach dem Aufleuchten des Meteors als Meteorite auf dem Erdboden auffinden lassen. Dass das Zodiakal- oder Tierkreislicht eine Erscheinung ist, die auf die Existenz einer ausgedehnten Wolke interplanetaren Materials hinweist, ist eine Deutung, die ebenfalls schon im vergangenen Jahrhundert erörtert wurde.

So haben wir hier einen Bereich astronomischer Forschung vor uns, bei dem sich alte, mit klassischen Methoden angegangene Fragestellungen mit dem aktuellen Interesse und den neuartigen und

* Vortrag, gehalten anlässlich der Generalversammlung der Schweiz. Astronomischen Gesellschaft, 15. März 1964 in Basel.

kostspieligen Methoden der Weltraumforschung treffen. Das ist ein spezieller Reiz dieses Arbeitsgebietes; im folgenden sollen diese verschiedenartigen Aspekte unseres Themas diskutiert werden.

Zodiakallicht und äussere Sonnenkorona.

Das Zodiakallicht sieht man nach der Abend- und vor der Morgendämmerung als einen diffusen Lichtkegel, der sich längs der Ekliptik erstreckt. In seinen hellsten Teilen ist das Zodiakallicht heller als die Milchstrasse, mit zunehmendem Abstand von der Sonne nimmt seine Helligkeit ab. Wie objektive photometrische Messungen zeigen, ist der Zodiakallichtkegel wesentlich breiter als man nach der visuellen Beobachtung annehmen möchte – in Wirklichkeit ist das Zodiakallicht eine Erscheinung, die sich über der ganzen Himmel erstreckt.

In den letzten Jahren sind von verschiedenen Autoren mit moderner Ausrüstung Helligkeits- und Polarisationsmessungen des Zodiakallichtes durchgeführt worden. Auch die Hochalpine Forschungsstation Jungfrauoch hat mehrmals als Observatorium dafür gedient¹. Bei einer Photometrie des Zodiakallichtes ist es wichtig, an einer Stelle mit guter atmosphärischer Durchsicht zu beobachten, da notgedrungen in geringen Höhen über dem Horizont gearbeitet werden muss.

Das wesentliche Ergebnis dieser Arbeiten ist in Abb. 1 demonstriert: Sie bestätigen die schon 1934 von Grotrian geäusserte Vermutung, dass ein kontinuierlicher Übergang in der Helligkeit besteht zwischen der Sonnenkorona und dem Zodiakallicht. Die erstere wird während totaler Sonnenfinsternisse beobachtet und lässt sich im allgemeinen vom Erdboden aus bis zu etwa 1° Abstand von der Sonnenmitte (das entspricht etwa 4 Sonnenradien) photometrieren; weiter aussen hebt sich die Korona von der Untergrundhelligkeit des Himmels nicht genügend deutlich ab. Die Koronahelligkeit ist um Zehnerpotenzen grösser als die Helligkeit des Zodiakallichtes. Dieses beobachtet man am Nachthimmel ab etwa 30° Elongation (=Abstand von der Sonne). Das Zwischengebiet von $1^\circ - 30^\circ$ war lange Zeit nicht zugänglich, da in der Erdatmosphäre gestreutes Sonnenlicht (siehe Dämmerungsleuchten) die Erscheinung zudeckte. Durch Messungen von Flugzeugen aus in Höhen von fast 10 km während totaler Finsternisse konnte aber in den letzten Jahren auch die äusserste Korona erfasst werden. Es sind hier vor allem die Arbeiten von Blackwell in England zu nennen, die den vermuteten Zusammenhang von Korona und Zodiakallicht eindeutig bewiesen haben (siehe Abb. 1).

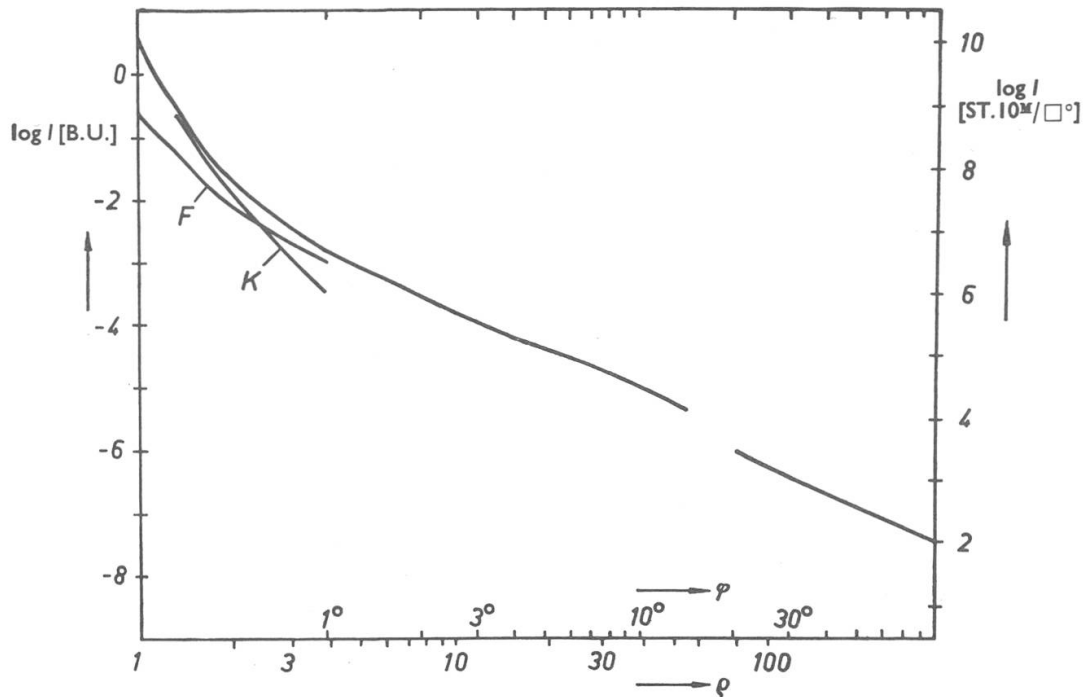


Abbildung 1: Helligkeit von Sonnenkorona und Zodiakallicht.
 F = F-Korona, K = K-Korona. [B. U.] Baumbach-Einheiten = 10^{-6} • Flächenhelligkeit der Sonnenscheibenmitte. St. $10^m / \square$ = Sterne 10^m (scheinbar) pro Quadratgrad. φ Elongation, Einheit von ρ Sonnenhalbmesser.

Es wird heute allgemein angenommen, die Erscheinung des Zodiakallichtes gehe auf die Streuung von Sonnenlicht an Teilchen im interplanetaren Raum zurück. Wir haben nach dieser Deutung im Prinzip dasselbe Phänomen vor uns, wie wenn die in der Luft schwebenden Staubteilchen eines abgedunkelten Zimmers durch einen hereindringenden Sonnenstrahl sichtbar werden. Bei dieser sogenannten Streuung wird das auf die Teilchen treffende Licht reflektiert, gebrochen und gebeugt und gelangt dadurch zu einem kleinen Bruchteil in das Auge des Betrachters. Dass es sich beim Zodiakallicht um das Streulicht interplanetarer Teilchen handelt, wird vor allem durch seine symmetrische Anordnung bezüglich der Ekliptik und die Zunahme seiner Helligkeit mit Annäherung an die Sonne nahegelegt. Die interplanetare Teilchenwolke wird dementsprechend in der Hauptebene des Planetensystems angenommen mit geringer werdender Konzentration bei zunehmendem Abstand von dieser ausgezeichneten Ebene; es ist zu erwarten, dass sich die Teilchen, wie die Planeten, um die Sonne bewegen.

Wie lässt sich aber mit diesem Bild der beobachtete Zusammenhang von Korona und Zodiakallicht erklären? Dazu sei daran erinnert, dass

sich das Licht der weissen Korona aus zwei Komponenten zusammensetzt, der sogenannten K-Korona und der F-Korona. Die Erscheinung der K-Korona ist mit der echten Sonnenkorona verknüpft, mit der weit ausgedehnten Atmosphäre der Sonne, die aus einem hochionisierten Gas von etwa 1 Million Grad besteht. Bei der F-Korona dagegen handelt es sich insofern um eine unechte Korona, als sie physikalisch mit der Sonne nichts zu tun hat: Das Licht der F-Korona geht auf die Streuung an interplanetaren Teilchen zurück, die sich in grossen Entfernungen von der Sonne befinden. Dieses Streulicht sehen wir aber projiziert auf die unmittelbare Sonnenumgebung. Es ist im Grunde dasselbe Phänomen, wie es zu beobachten ist, wenn durch Dunst der Erdatmosphäre ein Halo um die Sonne hervorgerufen wird. Die Helligkeit der F-Korona ist in wenigen Sonnenradien Abstand vom Sonnenrand bereits grösser als die der K-Komponente (siehe Abbildung 1).

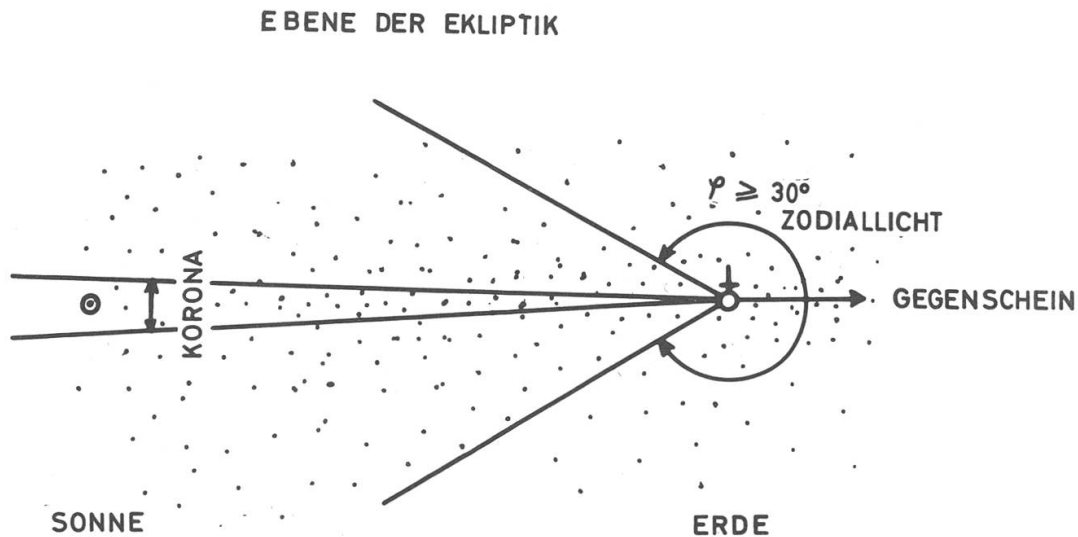


Abbildung 2: Zur Deutung von Zodiakallicht und F-Korona.

Diese Vorstellung wird durch den kontinuierlichen Helligkeitsverlauf zwischen Korona und Zodiakallicht nahegelegt. Bei der äusseren Korona und dem Zodiakallicht sehen wir uns dann im Grunde derselben Erscheinung gegenüber, wir betrachten sie nur jeweils unter verschiedenen Blickwinkeln (siehe Abbildung 2).

Welche Informationen über die interplanetare Materie lassen sich nun aus einem Studium des Zodiakallichtes und der Korona gewinnen? Dazu sei zunächst darauf hingewiesen, dass nach den bisherigen

Messungen die Farbe des Zodiakallichtes nahezu identisch ist mit der Farbe des Sonnenlichtes. Das bedeutet, dass die Streuung an den interplanetaren Partikeln unabhängig von der Wellenlänge des gestreuten Lichtes erfolgt. Nach der Theorie der Lichtstreuung ergibt sich aus diesem Befund eine wichtige Folgerung über die Grösse der streuenden Partikel: Die Dimensionen der Teilchen müssen nämlich dann grösser sein als die Lichtwellenlänge, für die Teilchendurchmesser a gilt also

$$a \geq 10^{-4} \text{ cm.}$$

(Von der Streuung an interplanetaren Elektronen, die ebenfalls unabhängig von der Wellenlänge ist, soll hier abgesehen werden).

Die beobachtete Helligkeit des gestreuten Lichtes ist mit der Zahl der vorhandenen Teilchen pro cm^3 korreliert. Um diese Zahl ableiten zu können, muss aber bekannt sein, welcher Bruchteil des auf ein Teilchen fallenden Lichtes zum Beobachter hin gestreut wird. Diese Zusammenhänge sollen durch Abbildung 3 angedeutet werden: Ein Teilchen P wird von der Sonne S beleuchtet und streut Licht unter dem Streuwinkel ψ in die Richtung des irdischen Beobachters in E . Die von diesem insgesamt beobachtete Helligkeit setzt sich aus den Beiträgen aller Teilchen längs des Sehstrahls EP zusammen.

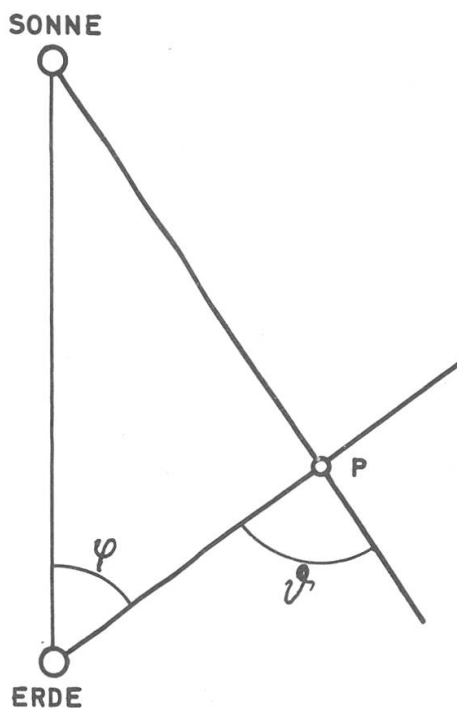


Abbildung 3: Geometrie der Lichtstreuung im interplanetaren Raum.

Welchen Anteil des auffallenden Lichtes ein Teilchen in eine bestimmte Richtung ψ streut, wird durch die sogenannte Streufunktion beschrieben. Für kugelförmige Partikel kann sie exakt berechnet werden, sie lässt sich aber auch mit entsprechenden Einrichtungen im Labor vermessen. Für die hier in Frage kommenden Teilchengrößen ($a \geq 10^{-4} \text{ cm}$) setzt sich die Streufunktion aus zwei charakteristischen Anteilen zusammen und hat im Prinzip den in Abbildung 4 gezeigten Verlauf: Bei kleinen Winkeln ψ (Vorwärtsstreuung) ist die Intensität des Streulichtes relativ hoch, sie geht auf die *Beugung* des Lichtes am Teil-

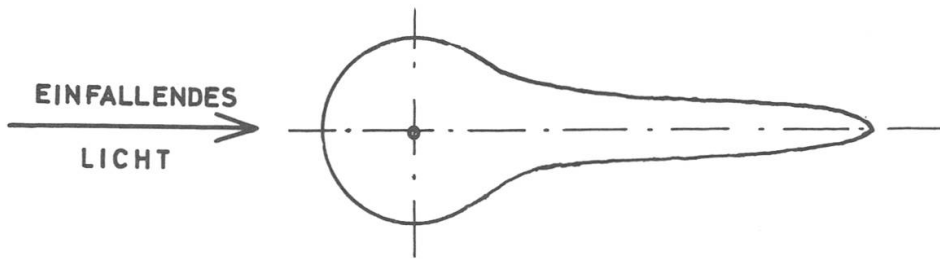


Abbildung 4: Schematische Streufunktion.

chen zurück. Dabei hängt die Bündelung des gebeugten Lichtes wesentlich vom Teilchendurchmesser ab in dem Sinne, dass bei grösseren Partikeln die Bündelung eine wesentlich stärkere ist als bei kleineren. So ist z.B. bei einem Teilchen mit $a = 10^{-4}$ cm Durchmesser diese «Beugungsspitze» 36° breit, während sie für $a = 10^{-3}$ cm nur noch $3:6$ weit ist, wobei aber die Intensitäten in diesem engeren Bündel entsprechend höher sind. — Ausserhalb dieser nach vorne gerichteten Beugungsspitze ist das gestreute Licht durch *Reflexion* und *Brechung* am Teilchen bedingt und zeigt dort eine weniger stark

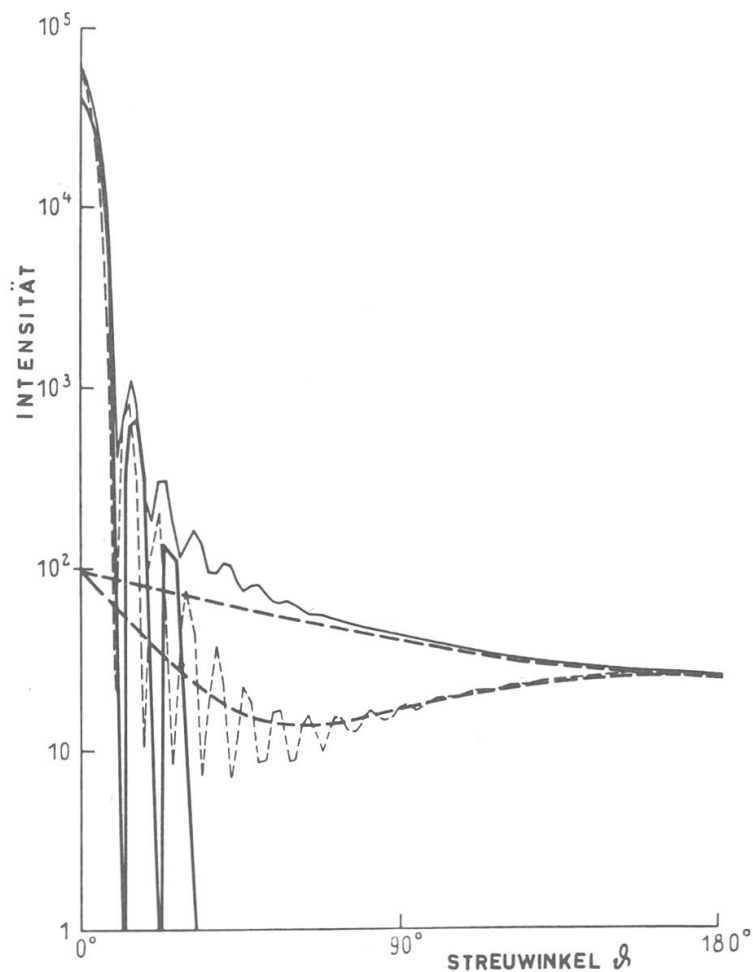


Abbildung 5: Nach verschiedenen Verfahren berechnete Streufunktion.
(Intensität des Streulichtes in Abhängigkeit vom Streuwinkel).

ausgeprägte Abhängigkeit vom Streuwinkel ϑ . Abbildung 5 demonstriert das Gesagte an Hand einer durch Rechnung für eine Kugel von $3 \cdot 10^{-4}$ cm Durchmesser ermittelten Streufunktion.

Wie mit Hilfe von Abbildung 3 sofort einzusehen ist, beobachtet man im Bereich des Zodiakallichtes ($\varphi \geq 30^\circ$) Streulicht bei Streuwinkeln $\vartheta \geq 30^\circ$, d.h. man ist in dem Teil der Streufunktion, der auf Reflexion und Brechung zurückgeht. Im Bereich der Korona dagegen empfangen wir Streulicht, das bei kleinen Streuwinkeln entsteht, wir befinden uns dort in der Beugungsspitze der Streufunktion. Das bedeutet (siehe oben), dass der Helligkeitsanstieg in der Korona zur Sonne hin wesentlich von der Grösse der interplanetaren Teilchen abhängt (er ist umso steiler zu erwarten, je grösser die Teilchen sind), aus dem beobachteten Helligkeitsverlauf lässt sich deshalb auf die Teilchengrösse schliessen. Die auf diese Weise gewonnene wichtige Information geht dahin, dass der Hauptbeitrag zur Helligkeit der äusseren Korona von Teilchen der Grösse.

$$a = 10^{-3} \text{ cm}$$

kommt. Grössere Teilchen können nur in wesentlich kleinerer Anzahl vorhanden sein. Dieses Resultat ist deshalb von besonderem Interesse, weil lange Zeit die Meinung vorherrschte, im interplanetaren Raum wären vorwiegend Materiebrocken von Tennisballgrösse vorhanden.

Dieser Schluss stützt sich allein auf den Helligkeitsgradienten in der äusseren Korona, der absolute Wert der Helligkeit des interplanetaren Streulichtes geht dabei nicht ein. Dieser lässt sich nun dazu verwenden, etwas über die Zahl der Teilchen zu erfahren. Mit der Partikelgrösse liegt fest, was wir vom *einzelnen* Teilchen zu erwarten haben, die beobachtete Helligkeit von Korona und Zodiakallicht ist durch die Häufigkeit n der Teilchen pro Volumeneinheit bedingt. Diese ergibt sich daraus zu etwa

$$\begin{array}{l} \text{oder zu} \quad n \simeq 10^{-14} \quad \text{Teilchen / cm}^3 \\ \quad \quad \quad n \simeq 10 \quad \quad \quad \text{Teilchen pro Kubikkilometer} \end{array}$$

im interplanetaren Raum. Diese Teilchenkonzentration liegt um mehrere Zehnerpotenzen über der des interstellaren Raumes.

Die Photometrie des Zodiakallichtes und der äusseren Korona vermag uns demnach Auskunft zu geben über die Abmessungen der Partikel im interplanetaren Raum, ihre Konzentration pro Volumeneinheit und ihre ungefähre räumliche Verteilung. Wir können dagegen auf diesem Wege nichts erfahren über die Form der Teilchen und nur wenig Sicheres über das Material, aus dem sie bestehen. (Nach gewissen Ueberlegungen würde man vorwiegend metallische Teilchen erwarten).

Es sei hier nur am Rande erwähnt, dass in den letzten Jahren immer wieder diskutiert wurde, ob zur Helligkeit des Zodiakallichtes neben dem interplanetaren Staub auch Elektronen solaren Ursprungs beitragen. Ueber die Zahl dieser Elektronen pro cm^3 lassen sich aber auf grund von Zodiakallichtmessungen allein nur sehr unsichere Angaben gewinnen; es werden heute Zahlen zwischen zehn und mehreren hundert Elektronen/ cm^3 in Erdnähe genannt. Deren Anteil an der Helligkeit des Zodiakallichtes ist aber in jedem Falle relativ gering [vgl. dazu auch (1)].

Extraterrestrische Untersuchungen von interplanetarem Staub.

Seit Raketen, Satelliten und Raumsonden für die Erforschung des Weltraumes eingesetzt werden, besteht grosses Interesse an der direkten Erfassung von Staubteilchen im interplanetaren Raum. (Man spricht in dem Zusammenhang auch oft von Mikrometeoriten.) Es sind dafür bereits eine Reihe von verschiedenen Methoden eingesetzt worden.

Zur Registrierung von auf das Raumfahrzeug treffenden Partikeln haben sich Mikrophonesysteme gut bewährt. Beim Auftreffen auf die Membran des Mikrophons entsteht ein elektrisches Signal, dessen Stärke vom Impuls, dem Produkt aus Masse und Geschwindigkeit des Teilchens, abhängt. Wenn die Geschwindigkeit bekannt ist, über die sich plausible Annahmen machen lassen, kann also auf die Masse und damit auf die Teilchengrösse geschlossen werden. Die umfangreichsten Registrierungen dieser Art verdanken wir Explorer VIII. Die empfindliche Mikrofonfläche war dort 0.07 m^2 . Innerhalb von etwa 10 Tagen wurden insgesamt 3726 Treffer von Teilchen registriert, deren Abmessungen oberhalb etwa $3 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$ anzunehmen sind. Aus den Messungen folgt, dass die Zahl der Teilchen mit zunehmender Grösse stark abnimmt, wie wir es nach dem oben Gesagten auch erwarten werden. Die Konzentration der Teilchen in unmittelbarer Erdumgebung erweist sich, auch nach anderen extraterrestrischen Untersuchungen, als etwa 100 mal höher als sie aus der Analyse der Zodiakallicht- und Koronamessungen folgt.

Diese Resultate haben zu der Annahme einer Staubwolke geführt, in die die Erde eingehüllt ist. Ihr Durchmesser dürfte von der Gröszenordnung 200 000 Kilometer, also einem Vielfachen des Erddurchmessers sein. Es ist aber zu beachten, dass alle bisherigen Daten, die auf die Existenz einer solchen zirkumterrestrischen Wolke hinweisen, relativ unsicher sind. Es ist vorerst auch noch völlig unklar, wie eine solche Wolke zustande kommen kann.

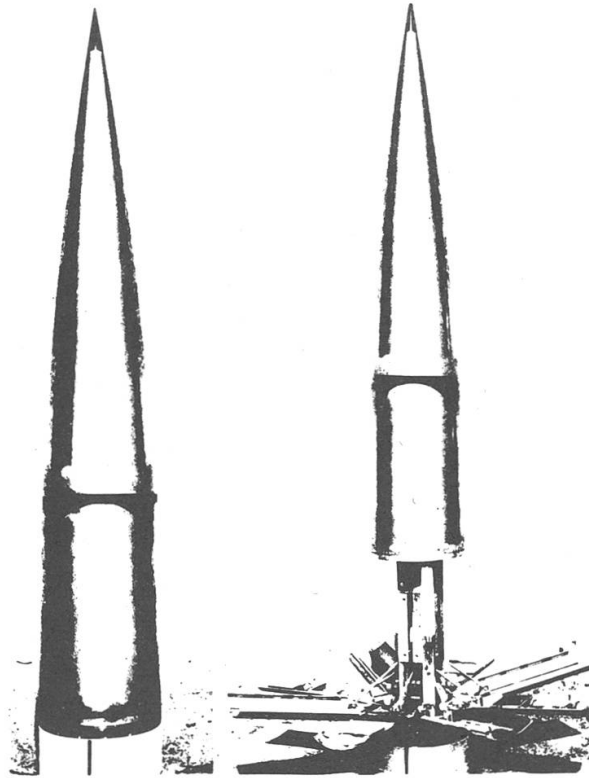


Abbildung 6: Raketenspitze mit « Venus-Fliegenfalle »,
links geschlossen, rechts geöffnet.

Neben dieser direkten Zählung von auftreffenden Mikrometeoriten sei noch über ein Experiment berichtet, bei dem extraterrestrische Staubteilchen aus Höhen über 100 Kilometer aufgesammelt und zur Erde gebracht wurden. Dieses sogenannte Venus-Fliegenfalle-Experiment wurde von Sobermann und Mitarbeitern in den USA mit einer rückführbaren Aerobee-Rakete im Jahre 1961 durchgeführt. Die Nase der Rakete war dabei so ausgebildet, dass sich oberhalb einer bestimmten Höhe in ihrem unteren Teil eine Reihe von « Blättern », auf denen Kollektoren zum Einfangen von Partikeln befestigt waren, ausfahren liessen (siehe Abbildung 6). Während des Abstiegs wurde die Raketenspitze wieder geschlossen und mit Hilfe eines Fallschirms zur Landung gebracht (siehe Abbildung 7). Durch eine raffinierte Technik liess sich bei den aufgesammelten Teilchen unterscheiden, ob sie während der Exponierung der Kollektoren eingefangen wurden und damit sehr wahrscheinlich extraterrestrischen Ursprungs waren, oder ob sie durch Verunreinigung vor dem Start oder nach der Landung in die « Falle » gelangten.

Bei dieser Untersuchung wurden 133 Teilchen eingefangen, für die eine extraterrestrische Herkunft wahrscheinlich ist. 72 % davon hatten irreguläre Form mit scharfen Ecken und Kanten (Abbildung 8), 16 %

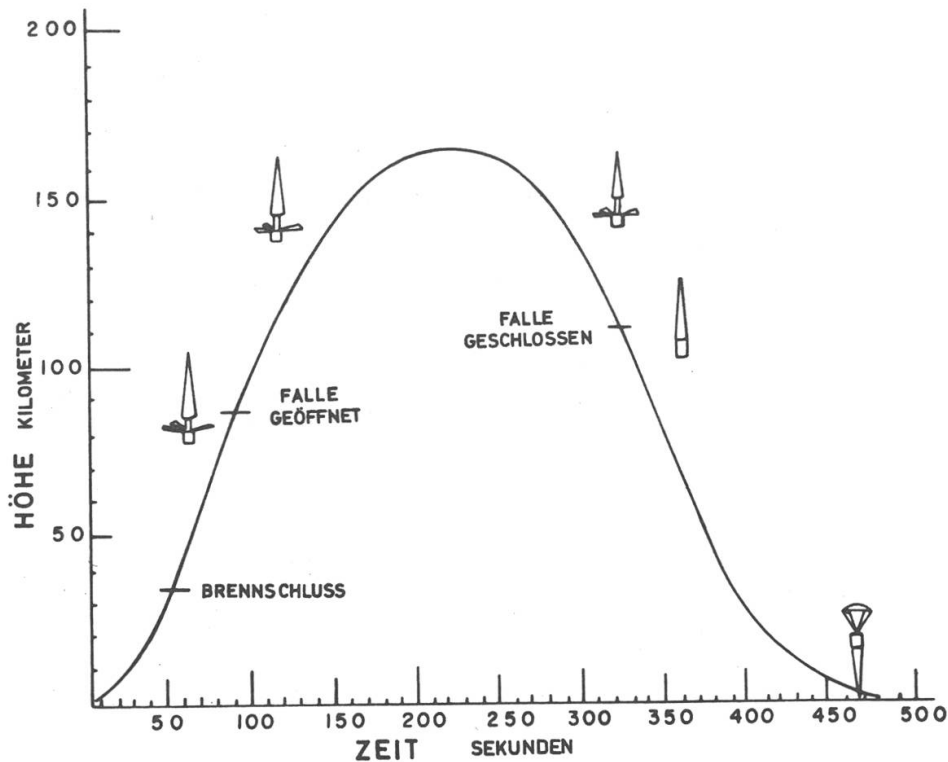


Abbildung 7: Flugbahn beim Venus-Fliegenfalle-Experiment.

hatten Kugelform (Abbildung 9) und 12% waren «flockige» Teilchen von relativ geringem spezifischem Gewicht (Abbildung 10). Partikel der letzten Sorte waren schon früher mit U2-Flugzeugen eingefangen worden (Abbildung 11). Mit diesen Proben haben wir wohl zum ersten Mal interplanetare Staubpartikel in unverfälschtem Zustand vor uns. Laboruntersuchungen ihrer stofflichen Zusammensetzung und dgl. sind im Gange.

Physikalisch-chemische Untersuchungen an Meteoriten.

Zum Abschluss sei kurz diskutiert, was für die Zukunft von der Beschäftigung im Labor mit auf diesem oder ähnlichem Wege gewonnener Materie aus dem interplanetaren Raum zu erwarten ist. Man sieht sich hier insofern nicht völlig neuartigen Problemen gegenüber, als schon seit langer Zeit in den Laboratorien Untersuchungen an Meteoriten angestellt werden, an Meteoriten, die nach einem Meteorfall auf der Erde aufzufinden waren. Bei solchen Funden muss zwangsläufig der Nachteil in Kauf genommen werden, dass der ursprüngliche Zustand des meteoritischen Körpers beim Durchqueren der Erdatmosphäre, die mit seiner starken Erhitzung verknüpft ist, Veränderungen erleidet. Auch durch Verunreinigungen während des Liegens auf der Erde können sich für die Arbeiten im Labor unangenehme Schwierigkeiten

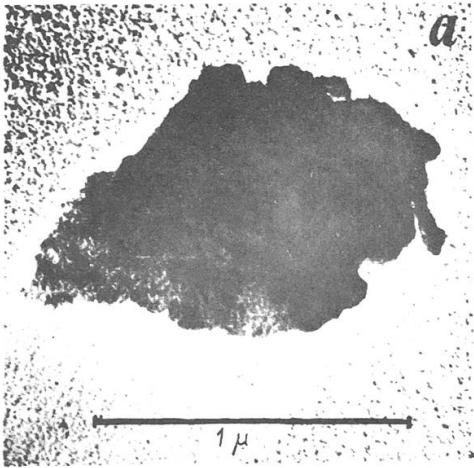


Abbildung 8:
Irreguläres Teilchen.

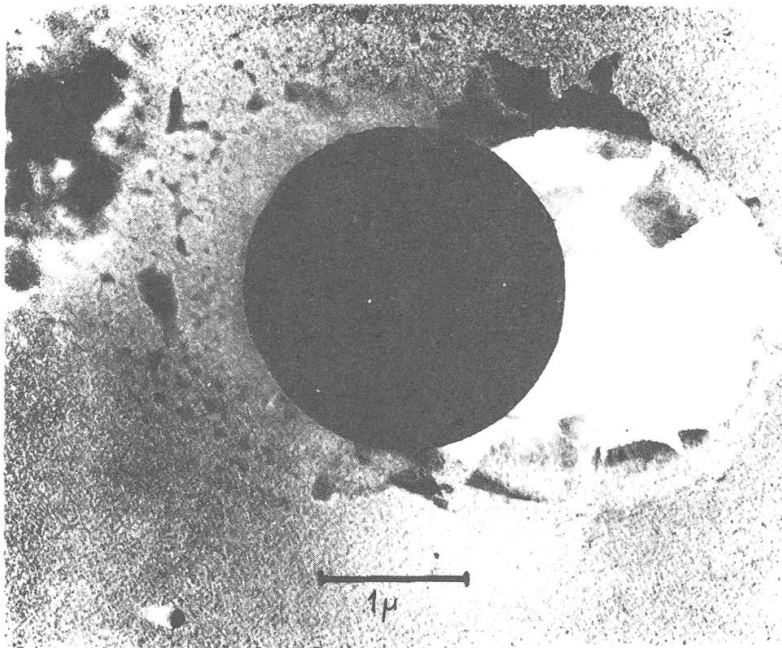


Abbildung 9:
Kugelförmiges Teilchen.

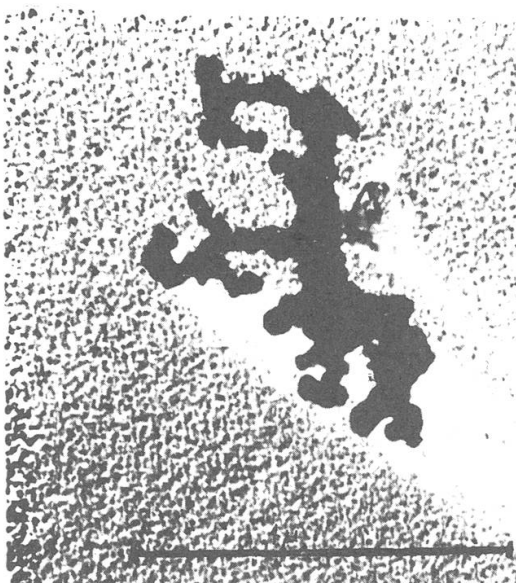


Abbildung 10:
Flockiges Teilchen.

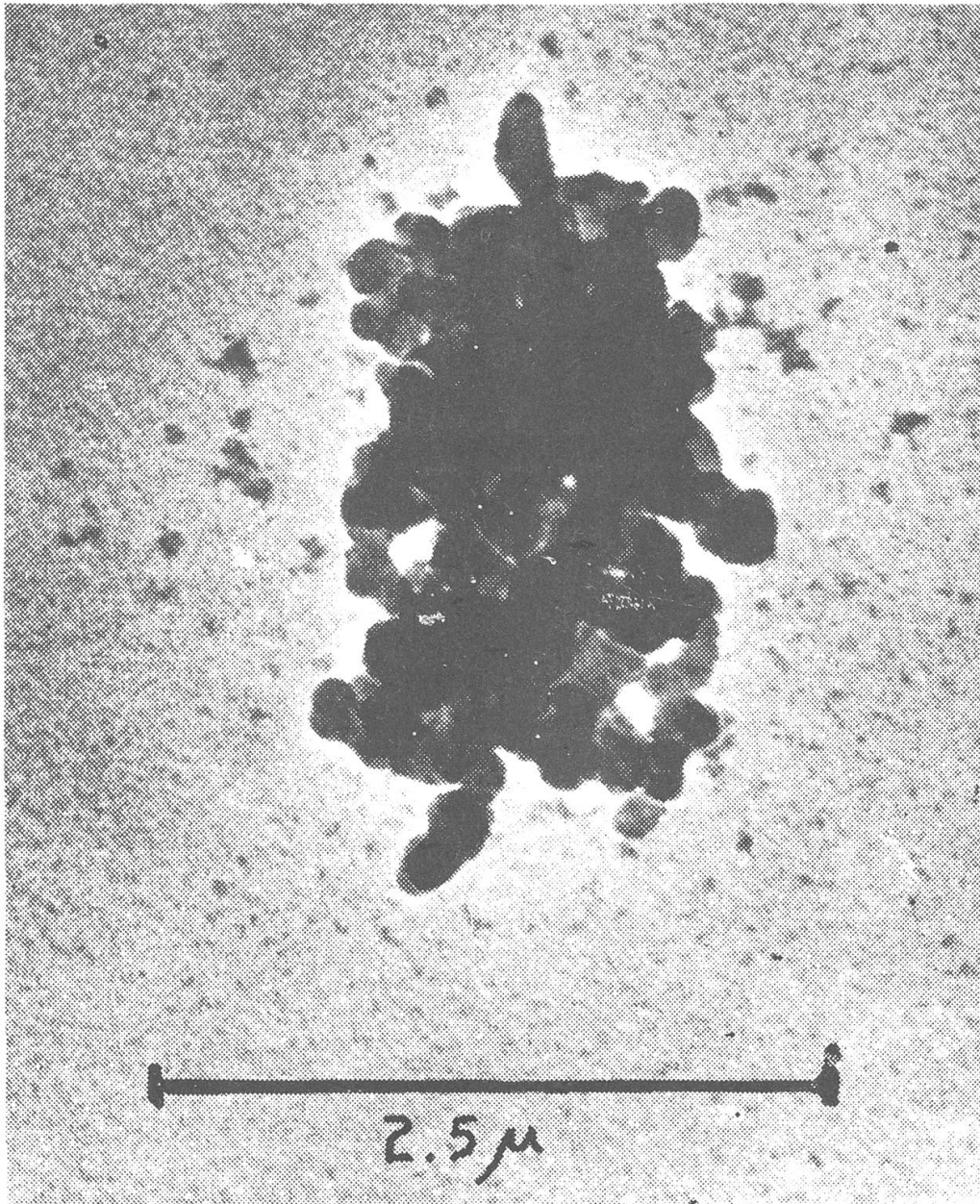


Abbildung 11: Flockiges Teilchen von U2 – Flug.

ergeben. Bei ausserhalb der Erdatmosphäre gesammelten Teilchen ist man diese Sorgen los, und den alten Fragestellungen lässt sich jetzt unter wesentlich günstigeren Ausgangsbedingungen nachgehen.

Als eine ausserordentlich interessante Arbeitsrichtung, von der für die Zukunft noch wertvolle Ergebnisse zu erhoffen sind, seien die Untersuchungen über das Alter und die Geschichte eines Meteoriten erwähnt. Dabei wird die Häufigkeit der chemischen Elemente und insbesondere die Isotopenzusammensetzung des Meteoriten festgestellt; auf grund der Kenntnis über die radioaktiven Zerfallsprozesse der verschiedenen Elemente lassen sich an Hand der Isotopenzusammensetzung Altersdatierungen vornehmen (2). Nach den bisherigen

Arbeiten an aufgefundenen Meteoriten zeichnen sich verschiedene zeitliche Phasen ab, die für die Entwicklung der Meteorite und damit für die Geschichte des Sonnensystems von Interesse sind. So ist eine rohe Angabe darüber möglich, wann es überhaupt zur Bildung der chemischen Elemente gekommen ist, nämlich vor etwa 10 Milliarden Jahren. Dieser Wert ist von derselben Grössenordnung, wie sie aus den Ueberlegungen zur zeitlichen Entwicklung von Sternen und Sternsystemen für das Alter der ältesten Objekte des Milchstrassensystems folgt.

Die Meteoriten selbst scheinen vor 4-5 Milliarden Jahren entstanden zu sein, d.h. vor diesem Zeitraum dürfte die Verfestigung und Bildung grösserer Körper durch die Kondensation aus zunächst atomar verteilter Materie stattgefunden haben. Für das Alter der Erdkruste wird heute in auffallender Uebereinstimmung mit diesen Zahlen von den Geophysikern der Wert 4.5 Milliarden Jahre angegeben. Man geht wohl kaum fehl mit der Annahme, dass vor diesen Zeiten die Bildung unseres Planetensystems erfolgte.

Aus der Isotopenzusammensetzung lässt sich darüber hinaus darauf schliessen, dass die Meteorite im Laufe ihres Lebens durch Zusammenstösse in kleinere Brocken aufgebrochen sind. Man muss sich dazu klar machen, dass die Teilchen im interplanetaren Raum ständig der Bestrahlung durch die energiereiche kosmische Strahlung unterliegen, die in den oberflächennahen Bezirken des Meteorits Kernreaktionen mit typischen Folgeprodukten (Spallationsprodukte) auslösen. Beim Auseinanderbrechen einer Meteorite werden die neu entstandenen Oberflächen diesem Einfluss, der sie vorher im Innern des grösseren Körpers nicht erreichen konnte, neu ausgesetzt, und aus der Menge und Zusammensetzung der Spallationsprodukte lassen sich Rückschlüsse auf den Zeitpunkt ziehen, zu dem die Bruchstücke entstanden sind. Diese «Bestrahlungsalter» finden sich je nach Art der Meteorite zwischen 1 Million und 1 Milliarde Jahre, wobei Eisenmeteorite im allgemeinen bei den höheren Werten liegen. Die Bestrahlungsalter sind jedenfalls wesentlich kleiner als das Entstehungsalter von 4-5 Milliarden Jahre (s. o.). Es ist deshalb anzunehmen, dass die Meteorite ursprünglich grösseren Körpern angehörten.

Es ist von grösstem Interesse, Untersuchungen dieser Art auch an Teilchen vorzunehmen, die extraterrestrisch gefunden wurden. Im Gegensatz zu den am Erdboden gefundenen Meteorite hat man es dabei, jedenfalls vorerst, mit sehr kleinen Partikeln zu tun, bei denen sich vielleicht spezifische Besonderheiten zeigen.

Auf einen zweiten Problemkreis sei in diesem Zusammenhang hingewiesen, der in letzter Zeit zu bewegten Auseinandersetzungen Anlass gab. Im Jahre 1961 behaupteten Wissenschaftler aus New York,

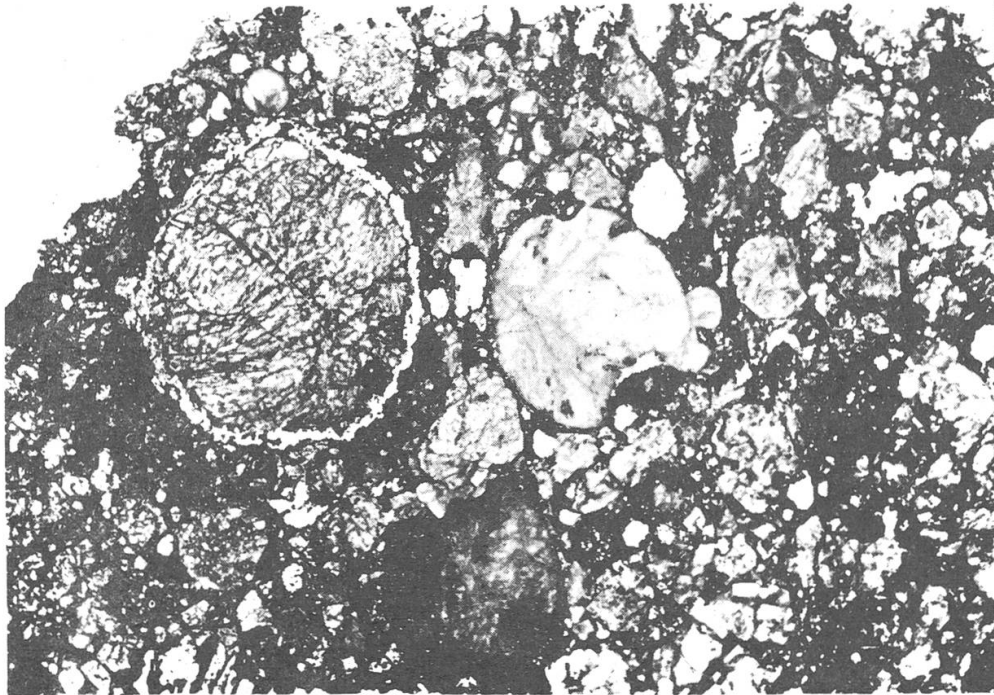


Abbildung 12: Anschlag eines Meteorits mit chondrischen Einschlüssen.

in kohlenstoffhaltigen Chondriten algenähnliche Fossilien entdeckt zu haben (3). Die Chondrite sind eine Sorte Steinmeteorite, die sich dadurch auszeichnet, dass sie kugelförmige Einschlüsse (Chondren) enthält (Abbildung 12). Ein sehr kleiner Bruchteil dieser Chondrite ist kohlenstoffhaltig. Bei mikroskopischen Untersuchungen an kleinzerteiltem Material solcher kohligter Chondrite fanden sich nun Partikel mit Durchmessern von etwa 0.01 mm, die in ihrem Aussehen bestimmten Algensorten gleichen (Abbildung 13 und 14). Die Autoren kamen zu dem Schluss, diese «geordneten Elemente» wären Ueberreste von kleinen Lebewesen und seien damit Indikatoren für extraterrestrisches Leben.

Es besteht keine Einigkeit darüber, ob dieser Schluss zulässig ist. Auch Untersuchungen von anderer Seite, bei denen ähnliche Erscheinungen gefunden wurden, konnten keine eindeutige Lösung des Rätsels bringen. Ein wesentliches Problem ist hier wiederum, ob diese «Mikrofossilien» vielleicht auf irdische Verunreinigungen des Meteorits zurückgehen. Es wurden auch hochmolekulare Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen in kohligten Chondriten gefunden, von denen einzelne Autoren meinen, ihr extraterrestrischer Ursprung könne als erwiesen gelten. Es wäre dann aber noch immer eine offene Frage, ob sie organischer Herkunft sind oder ob sie auch durch abiotische Vorgänge entstanden sein können. Die Untersuchung an bei extraterrestrischen Experimenten aufgesammelten Meteoriten werden hier sicher weiterhelfen.

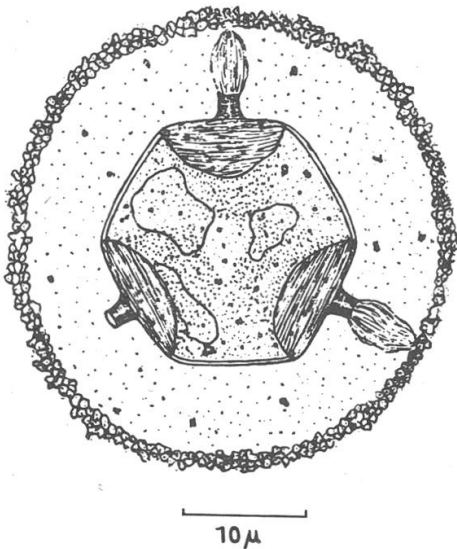


Abbildung 13: «Geordnetes Element»
nach Zeichnung am Mikroskop.

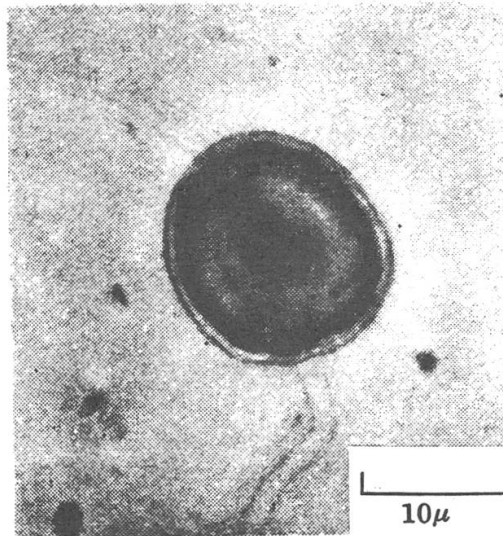


Abbildung 14: Photographie eines
«geordneten Elementes»

Von der Erforschung der Materie im interplanetaren Raum dürfen wir uns demnach nicht nur Einblicke in die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Planetensystems erhoffen, sondern vielleicht auch Antworten auf die erregende Frage nach der Existenz extraterrestrischen Lebens.

- 1) U. HAUG, «Orion» Nr. 79 (1963), s. 18 ff.
- 2) ZÄHRINGER, «Sterne und Weltraum» 2, 224 (1963).
- 3) «Sterne und Weltraum» 1, 75 (1962).

Adresse des Verfassers :

Prof. Dr. Hans ELSÄSSER, Direktor der Landessternwarte auf dem
Königstuhl bei Heidelberg.