

# Das Staubexperiment auf HELIOS (E 10)

E. GRÜN, H. FECHTIG, P. GAMMELIN und J. KISSEL, Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg

Mit dem Mikrometeoritenexperiment auf der Sonnensonde HELIOS sollen Masse, Geschwindigkeit, Richtung, chemische Zusammensetzung und Ladung kosmischer Staubteilchen gemessen werden, deren Nachweis auf dem beim Einschlag auf ein festes Target erzeugten Plasma beruht. Die Mission bringt die am 10. Dezember 1974 gestartete Sonde HELIOS 1 auf 0,3 AU an die Sonne heran. Der Einbau der beiden Sensoren des Experimentes wird gezeigt und an einem schematischen Bild deren Funktion erklärt. Insbesondere wird dargestellt, wie man aus den Meßgrößen die gewünschten Informationen über die nachgewiesenen Mikrometeoriten erhält, und es wird der Empfindlichkeitsbereich des Experimentes angegeben.

*The micrometeoroid experiment onboard the solar probe HELIOS is aimed to measure mass, speed, direction, chemical composition and charge of cosmic dust particles. They are detected by the plasma produced upon impact on a solid target. HELIOS 1 launched on Dec. 10, 1974 has a perihel of 0,3 AU. The mounting of the experiment sensors to the spacecraft is shown. The measuring principle of the experiment is explained by discussing the schematic cross section of its sensors. Special attention is given to the interpretation of the quantities measured, which is needed to derive the informations on the micrometeoroids mentioned above. Also the sensitivity range of the experiment is shown.*

Mit dem Mikrometeoritendetektor der Sonnensonde sollen die wichtigsten Eigenschaften des interplanetaren Staubes zwischen Sonne und Erde bestimmt werden. Es sind dies:

- Masse
- Geschwindigkeit
- Richtung
- chem. Zusammensetzung
- Ladung.

Das Gesamtexperiment besteht aus drei einzelnen Einheiten, den beiden Sensoren und der Elektronikbox. Die Sen-

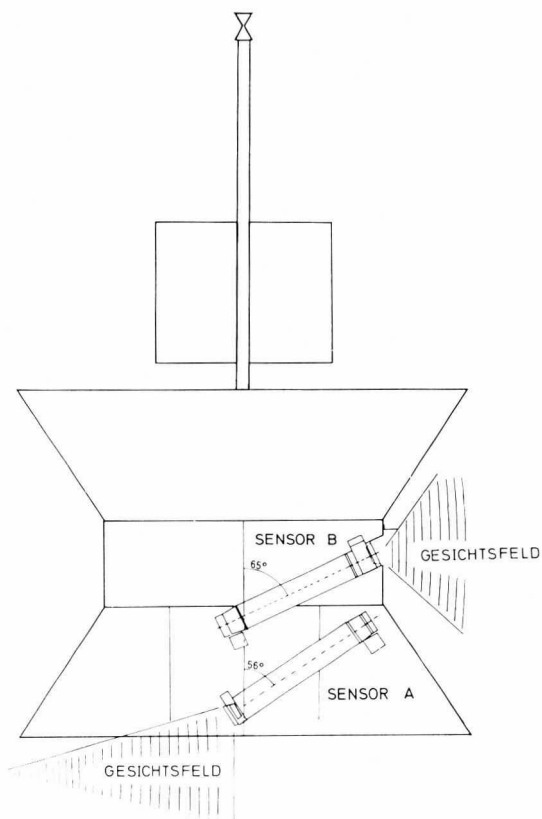


BILD 1: Einbau der Sensoren des Mikrometeoritenexperimentes im Helios (schematisch)

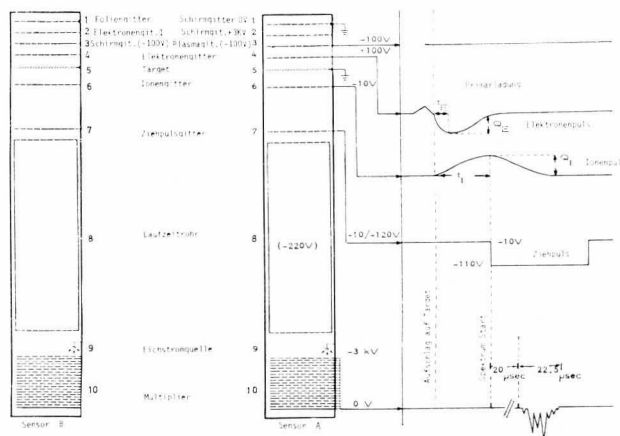


BILD 2: Schematischer Aufbau der Sensoren des Mikrometeoritenexperimentes und Pulsdiagramm für Sensor A

soren sind unter unterschiedlichen Winkeln zur Spinachse der Sonnensonde eingebaut (siehe BILD 1). Da die Spinachse senkrecht auf der Ekliptik steht, werden durch die beiden Sensoren folgende Bereiche abgedeckt: Der erste Sensor (Sensor A), der aus dem Adapterteil schaut, sieht Teilchen, die aus dem Süden der Ekliptik kommen, während der zweite Sensor (Sensor B), im Zentralteil der Sonde eingebaut, überwiegend auf Teilchen, die in der Ekliptik fliegen, anspricht. Nachdem in jüngster Zeit beschlossen wurde, für Helios B die Spinachse um 180 Grad zu drehen, wird Sensor A bei Helios B in den Norden der Ekliptik schauen. Nach Abschluß des Gesamtprojekts ist es also möglich, aus den Daten des Experimentes Informationen über die Staubverteilung in und auf beiden Seiten der Ekliptik zu erhalten.

Durch die Feststellung, in welchem der beiden Sensoren ein Teilchen einschlägt, kann natürlich nur eine grobe Richtungsbestimmung gemacht werden. Der Azimuth der Einfallrichtung ergibt sich aus dem Zeitpunkt des Einschlags und der damit bekannten Orientierung der Sensoren im Raum, in Verbindung mit dem Öffnungswinkel der Sensoren von ca. 120°.

Aus technischen Gründen mußten die Eintrittsöffnungen der beiden Sensoren unterschiedlich gestaltet werden. In der Beschreibung werden zunächst die gemeinsamen Teile behandelt, die Unterschiede weiter unten. BILD 2 zeigt den

Aufbau der beiden Sensoren. Die identischen Teile entsprechen den Ziffern 4-10. Der Nachweis der eingefallenen Mikrometeoriten geschieht über die Registrierung des beim Einschlag auf das jalousieförmige Target (5) entstehenden Plasmas. Aus den Eigenschaften dieses Plasmas werden darüber hinaus die Parameter gewonnen, die Auskunft über Masse und Geschwindigkeit geben. Zu beiden Seiten des Targets sind elektrisch vorgespannte Gitter, mit denen die Ionen (6) und Elektronen (4) des Einschlagsplasmas getrennt werden. Über zugehörige Ladungsverstärker wird die Gesamtmenge der Ionen und Elektronen sowie die Anstiegszeit der entsprechenden Pulse gemessen. Aus Labormessungen ist bekannt, daß die Anstiegszeit der Pulse eine empirische Funktion der Geschwindigkeit ist (vgl. BILD 3 aus HEOS-Daten) und die Gesamtamplitude  $Q \sim mv^a$  ist (mit  $a \approx 3$ ). Mit diesen beiden Angaben sind somit die Masse und Geschwindigkeit der Mikrometeoriten zu bestimmen.

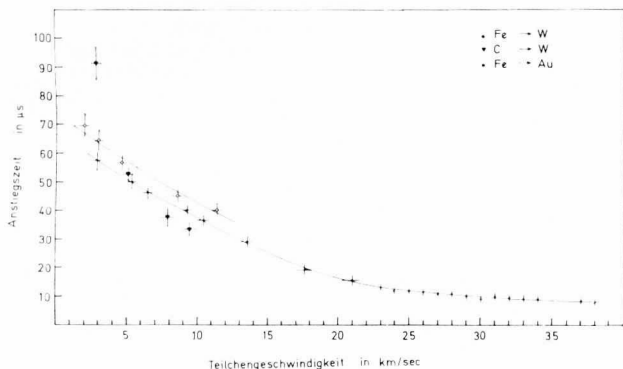


BILD 3: Abhängigkeit der Anstiegszeit des Ionenpulses von der Einschlaggeschwindigkeit (HEOS)

Die Information über die chemische Zusammensetzung der Teilchen erhält man aus einem Laufzeitspektrum der Ionen des Einschlagsplasmas. Diese Ionen durchfliegen nach dem Gitter (6) den sogenannten Fokussierungsraum zwischen (6) und (7). Durch Anlegen einer geeigneten Spannung an Gitter (7) werden sie derart beschleunigt, daß Ionen gleicher Masse nach Durchlaufen des Laufzeitrohres (8) zu gleicher Zeit am Multiplier (10) ankommen (vgl. hierzu BILD 4). Die auf diese Weise nach ihrer Geschwindigkeit getrennten Ionen geben am Multiplierausgang ein Laufzeitspektrum des produzierten Plasmas. Die technischen Beschränkungen, denen ein Experiment auf einer Raumsonde unterliegt, lassen allerdings eine Auflösung, wie sie im Labor erreicht wird, nicht zu. Das Spektrum wird in diesem Experiment logarithmisch über 6 Dekaden mit 4 bit digitalisiert. Die

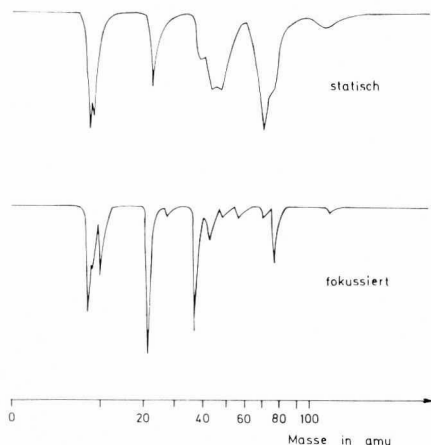


BILD 4: Beispiel für Laufzeitspektren des Helios Mikrometeoritenexperimentes ohne (oben) und mit (unten) Ziehplugs

zeitliche Auflösung beträgt  $0,5 \mu s$ . Mit dieser Genauigkeit ist es aber immerhin noch möglich, bestimmte Massengruppen zwischen 15 und 70 amu, die für Mikrometeoriten von besonderem Interesse sind, zu unterscheiden.

Zur Überprüfung der Verstärkung ist in jedem Multiplier eine Eichstromquelle (9) eingebaut. Es handelt sich hierbei um einen Halbleiter aus Silizium-Carbid, der als Kaltkathode arbeitet.

Ziffer (1) ... (3) kennzeichnen die sensorspezifischen Teile. Bei Sensor A sind dies zunächst drei Schirmgitter. Gitter (1) ist geerdet, Gitter (2) auf + 3 kV vorgespannt, um den überwiegenden Teil der Ionen des solaren Windes zurückzuhalten. Gitter (3) ist auf -100 Volt vorgespannt, um das Eindringen von Elektronen zu verhindern. Mit diesem Gitter ist gleichzeitig ein Ladungsverstärker verbunden, mit dem das Eindringen positiver und negativer Ladungen kontrolliert wird. Am Gitter (4) wird bei Sensor A auch das positive Spannungssignal aufbereitet, das die elektrische Ladung (Primärladung) des eingefallenen Teilchens wiedergibt.

Bei Sensor B trägt Gitter (1) eine sehr dünne Folie aus 3000 Å Parylene und 700 Å Aluminium. Diese Folie in Verbindung mit dem verspiegelten und speziell bedampften Gitter schützt den Sensor gegen die direkte Sonneneinstrahlung und verhindert eine zu große Wärmebelastung der Raumsonde. Sie muß so dünn sein, damit Mikrometeoriten von  $10^{-14}$  g sie noch durchschlagen können. Gleichzeitig ist sie Schutz gegen das Eindringen des solaren Windes. An Gitter (2) werden die beim Durchschlagen der Folie entstehenden Elektronen nachgewiesen. Gitter (3) ist ein Schirmgitter, das die Elektronen von den Gittern (2) und (4) trennt, um ein Übersprechen des Signals zu verhindern. Die Zeitverzögerung der direkten Elektronenpulse ist hier ein direktes Maß für die Geschwindigkeit des einfallenden Teilchens, wobei allerdings der unbekanntere Einfallswinkel berücksichtigt werden muß. Um aus den so gewonnenen Meßdaten die eigentlichen Eigenschaften der Staubteilchen herauszufinden, sind umfangreiche Eichmessungen an unserem Staubbeschleuniger durchgeführt worden. Diese sind umso wichtiger, als die Umsetzkurven fast ausschließlich empirischer Natur sind. Aus diesen Eichmessungen ergibt sich auch die Empfindlichkeit des Experiments, die in BILD 5 dargestellt ist.

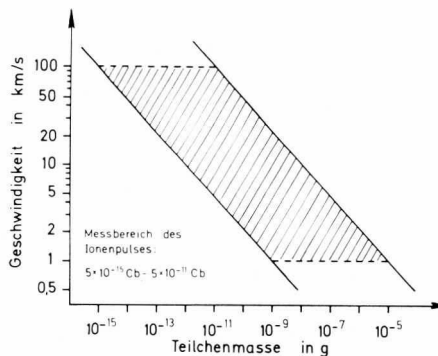


BILD 5: Meßbereich des Helios-Mikrometeoritenexperimentes

#### LITERATUR:

- [1] H. FECHTIG und H.-J. HOFFMANN, Mikrometeoritenexperimente auf Satelliten, Physik i. u. Zeit, 4, 1973, 534
- [2] H. DIETZEL, G. EICHHORN, H. FECHTIG, E. GRÜN, H.-J. HOFFMANN und J. KISSEL: The HEOS 2 and HELIOS Micrometeoroid Experiments, Journal of Physics E: Scientific Instruments 1973 Volume 6
- [3] R. V. BELLAU, R. W. BRANDER, and A. TODKILL, A Low Power Silicon Carbide Cold Cathode Capable of Direct Modulation, Journal of Science and Technology, Vol. 37, No. 2, 1970, pp. 79-84