

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 45 (1987)
Heft: 222

Artikel: Wissenschaftler definieren das Bild des Kometen Halley = Les savants définissent l'image de la comète de Halley
Autor: Schmidt, Men J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898854>

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: 13.03.2025

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

Wissenschaftler definieren das Bild des Kometen Halley

MEN J. SCHMIDT

Les savants définissent l'image de la comète de Halley

Seit dem 16. Oktober 1982 wird der berühmte periodische Komet Halley von Wissenschaftlern in aller Welt beobachtet. Höhepunkt der Kometenforschung war sicher der Vorbeiflug von insgesamt 5 Sonden am Kometen im März 1986 als Halley nach 76 Jahren sich wieder einmal in Sonnennähe befand. Die gewonnenen Daten wurden nun zusammen mit der Fülle von erdgebundenen Forschungsergebnissen ausgewertet und in verschiedenen Symposien zwischen den Fachleuten ausgetauscht. Einige der wichtigsten Ergebnisse sollen nun im folgenden näher beschrieben werden. Ausserdem konnten mittlerweile auch Bilder von eindrucklicher Schönheit und Qualität erarbeitet werden, einige davon sollen hier präsentiert werden.

Viele neue Ergebnisse

Insgesamt haben 5 Raumsonden von drei verschiedenen Raumfahrtsbehörden den Kometen Halley aus der Nähe erforscht, ferner flog eine amerikanische Sonde in die Nähe des Kometen Giacobini-Zinner. Alle gewonnenen Messungen wurden und werden von Wissenschaftlern aus aller Welt ausgewertet. Es stellte sich heraus, dass der Komet Halley wirklich ein ausserordentliches Gebilde in unserem Sonnensystem ist. Die gewonnenen Ergebnisse haben teilweise in eindrucklicher Form die gemachten Voraussagen über den Aufbau vom Kometen bestätigt. Andererseits gab es auch Ueberraschungen, mit denen die Wissenschaftler nicht gerechnet hatten und nun ins allgemeine Kometenbild eingepasst werden müssen.

Theoretische Voraussagen wichtig

«Wenn wir einen Himmelskörper auf seine Beschaffenheit untersuchen wollen, müssen wir ungefähr wissen was uns dort erwarten könnte», erklärte Dr. Keller, «das Modell über die Beschaffenheit des Kometen brauchten wir, damit wir überhaupt wussten, wonach gesucht werden sollte.

Auch bei den Forschungsmissionen zu Halley waren die Wissenschaftler auf Modelle angewiesen. Schon seit etlichen Jahren waren Sie sich einig wie die nähere Umgebung eines Kometenkerns aufgebaut sein sollte. Um den eigentlichen Kern von etwa 6 Kilometern Durchmesser (so die Theorie) bildet sich in Sonnennähe durch abströmende Gas- und Staubteilchen eine mehrere hunderttausend Kilometer im Durchmesser grosse Gaswolke, die sogenannte Koma. Sie stellt den sichtbaren Teil des Kometen von der Erde aus dar. Durch die Sonnenstrahlung und den Sonnenwind wird die Koma deformiert und die Gas- und Staubteilchen werden mitgerissen. Es entstehen der gekrümmte Gas- und Staubschweif, und der gerade Ionenschweif. Die Stelle, wo der Sonnenwind mit etwa 400 Km/sek

Une partie importante des données scientifiques à été jusqu'ici interprétée.:

Depuis le 16 octobre 1982 la célèbre comète périodique de Halley a été observée par les savants du monde entier. Le point culminant de cette recherche fut certainement le passage de pas moins 5 sondes au voisinage de la comète en mars 1986 quand Halley, après 76 ans, se trouva à nouveau proche du Soleil. Les données obtenues ont été interprétées simultanément avec les résultats des nombreuses recherches faites depuis la Terre et, lors de divers symposiums, échangées entre les chercheurs. Quelques-uns des résultats les plus importants sont décrits plus à fond ci-après. D'autre part, quelques photographies d'une qualité et d'une beauté frappante sont aussi présentées.

De nombreux résultats nouveaux

Au total, ce sont 5 sondes spatiales expédiées par trois autorités différentes d'aéronautique qui ont étudié la comète de Halley de près. D'autre part, une sonde américaine a étudié la comète Giacobini-Zinner de près. Toutes les mesures faites ont été et sont encore interprétées par des savants du monde entier. Il est apparu que la comète de Halley est véritablement un objet extraordinaire dans notre système solaire. Les résultats acquis ont confirmé partiellement mais d'une manière impressionnante les pronostics faits sur la composition des comètes. Par ailleurs, il y a eu des surprises avec lesquelles les savants n'ont pas compté qui doivent s'intégrer à l'image générale des comètes.

Pronostics théoriques importants

«Si nous voulons étudier la composition d'un corps céleste, nous devons à peu près savoir ce qui peut nous y attendre» déclara le Dr Keller, «nous avons donc besoin du modèle de la composition de la comète pour savoir ce que nous devons rechercher».

Lors des missions de recherches sur Halley, les savants étaient également dépendants de modèles. Depuis quelques années déjà, les savants étaient d'accord sur la composition probable des environs d'un noyau comète. Autour du noyau proprement dit d'environ 6 km de diamètre (selon la théorie), il se forme, à l'approche du Soleil, par la dispersion des particules gazeuses et de poussière, une nuée gazeuse de plusieurs centaines de milliers de kilomètres de diamètre, la chevelure ou coma. Elle représente la partie visible de la comète depuis la Terre. Par le rayonnement et le vent solaires, la chevelure se déforme et les particules gazeuses et de poussière sont entraînées. Alors se forment la queue de gaz et de poussière et la



Bild 1

Der Kern des Kometen Halley aufgenommen mit der Halley Multicolour Camera auf der ESA Raumsonde Giotto in der Nacht vom 13. zum 14. März 1986. Der kohlschwarze Kern hebt sich als Silhouette vor dem aufgehellten Hintergrund ab. Die Aufnahme wurde von Fachleuten in der DFVLR (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt) aus zwei Einzelbildern aus 25000 und 10'000 Kilometern Distanz zusammenkopiert. Die unregelmässige Form des Kerns ist deutlich zu sehen; er ist 15,8 Kilometer lang und 8 Kilometer breit. Das Sonnenlicht kommt von links oben (30° über der Horizontalen, 17° hinter der Bildebene). Im schmalen von der Sonne beschienenen Streifen erkennt man kraterähnliche Vertiefungen und Strukturen. Der helle Fleck im dunklen Teil des Kerns ist eine mehrere hundert Meter hohe Erhebung die von der Morgensonne beschienen wird.

Bild: © 1986 Max Planck Institut für Aeronomie/Courtesy of H.U. Keller/Archiv Schmidt

auf die Koma trifft, wird als Schockfront oder Bugstossstelle bezeichnet. Nach der Theorie befindet sich diese in etwa 10^5 - 10^6 km vom Kern. Es folgt eine Zone wo sich die Sonnenwind-Teilchen mit den Kometenteilchen «vermischen». Schliesslich wird eine sogenannte Kontaktfläche erwartet, innerhalb welcher die Kometenmaterie nicht mehr mit Sonnenwindteilchen vermischt ist. Innerhalb der Kontaktfläche hat man die beste Chance, unverfälschte Kometenmaterie, d.h. Muttermoleküle, anzutreffen. Die Wissenschaftler konnten nun gespannt darauf warten, ob die Phänomene Schockfront und Kontaktfläche nun effektiv existieren und in welcher Art und Distanz vom Kern. Zweitens war die Zusammensetzung der Kometenmaterie eine der wichtigsten Fragen. Aufgrund von spektroskopischen Beobachtungen von der Erde aus bei verschiedenen Kometen konnten verschiedene Gasmoleküle identifiziert werden. Es galt nun zu klären, in welchen Mengen diese Bestandteile vorkommen und ob noch unbekannte Moleküle noch dazu kommen.

Hauptsächlich Wasser

Die irdischen Spektren hatten immer grosse Mengen von Wasser gezeigt, was mit der Theorie vom Aufbau eines Kometen¹ übereinstimmte. Bei einer Erwärmung der Kernoberfläche in

Photo 1:

Le noyau de la comète de Halley photographié au moyen de la Halley Multicolour Camera de la sonde spatiale Giotto de l'ESA dans la nuit du 13 au 14 mars 1986. Le noyau noir de jais ressort comme silhouette sur le fond éclairé. La prise de vue a été obtenue par des spécialistes de la DFVLR à l'aide de deux photos, l'une à 25000 et l'autre à 1000 km de distance et copiées ensemble. La forme irrégulière du noyau est clairement visible; il a 15,8 km de longueur et 8 km de largeur. La lumière solaire vient de gauche en haut (30° sur l'horizontale, 17° derrière le plan de l'image). Dans les bandes étroites éclairées par le Soleil, on reconnaît des dépressions et structures en forme de cratère. La tache claire dans la partie sombre du noyau est une éminence de plusieurs centaines de mètres éclairée par le Soleil matinal.

Photo: © 1986 Institut Max-Planck pour l'aéronomie/Courtesy H.U. Keller/Archives Schmidt

queue ionisée droite. L'endroit où le vent solaire touche la chevelure à une vitesse de 400 km/sec environ est désigné sous le nom d'onde ou front de choc. Selon la théorie, celui-ci se trouve à environ 10^5 - 10^6 km du noyau. Puis vient une zone où les particules du vent solaire se mêlent aux particules de la comète. Enfin, la théorie prévoit une surface de contact dans laquelle la matière de la comète n'est plus mélangée aux particules du vent solaire. A l'intérieur de cette zone, on a toutes les chances de trouver de la matière de comète authentique, c-à-d des molécules-mères. Les savants ne pouvaient qu'attendre avec impatience les résultats pour savoir si les phénomènes front de choc et surface de contact existent vraiment et de quelle façon et à quelle distance du noyau. Un deuxième point important était la composition de la matière des comètes. D'après des observations spectroscopiques faites depuis la Terre sur diverses comètes, on a pu identifier diverses molécules gazeuses. Il fallait maintenant éclaircir en quelle quantité ces parties sont représentées et s'il existe encore d'autres molécules inconnues dans les comètes.

Principalement de l'eau

Les spectres terrestres avaient toujours montré de grandes quantités d'eau, ce qui concordait avec la théorie de la composition des comètes. Lors d'un réchauffement à l'approche de Soleil, la glace se sublime et libère les molécules du groupe de l'eau (masses de 17 à 19) en grande quantité. Plus à l'extérieur, ces molécules entrent en action réciproque avec le vent solaire et sont ionisées. Ce sont: H_2O^+ , H_3O et HO^+ . D'autre part, sont libérés d'autres gaz en plus petites quantités.

A part les combinaisons carboniques, on observa aussi du sodium. A l'aide des observations spectroscopiques, on calcula déjà avant le vol de la sonde spatiale vers Halley, la répartition en quantité des diverses molécules. A titre d'exemple, nous mentionnons ici que, selon un modèle, à une distance de 8×10^4 kilomètres du noyau, les molécules H_3O^+ commencent à surpasser celles de H_2O^+ en quantité. Faire la preuve de cette affirmation était un des devoirs de 10 instruments scientifiques de la sonde Giotto.

L'institut de physique de l'université de Berne participa aussi aux mesures des éléments gazeux de la comète. L'une des expériences fut dirigée par le Professeur Hans Balsiger. Il s'agissait ici d'un spectromètre de masse pour gaz ionisés. Un autre spectromètre de masse pour la mesure des particules neutres de gaz a également été réalisé avec la participation de l'Uni Berne. A cette expérience participa un team sous la direction du Professeur Peter Eberhard. On peut dire assurément qu'à part la caméra, les spectromètres de masse sont les instruments les plus importants à bord de la Sonde Giotto. Un autre spectromètre de masse put même analyser directement

Bild 2:

Ein historisches Spektrum der Ionen-Massenspektrometers der Universität Bern. Die Kurven A und B zeigen gemessene Wasserstoffionen aus dem Sonnenwind. Die beiden Spektren wurden am 13. März (A) zwischen 14.49-15.42 GMT, und (B) 19.03 - 19.27 GMT (Weltzeit) aufgenommen. Am 12. März 1986 wurden die ersten Protonen vom Kometen gemessen. Auf dem Spektrum sind diese als kleine Hügel rechts aussen dargestellt.

Spektrumsskizze: Prof. H. Balsiger, Universität Bern/Archiv Schmidt

Sonnennähe sublimiert das Eis und setzt die Moleküle der Wassergruppe (Massen von 17 - 19) in grossen Mengen frei. Weiter aussen werden diese Moleküle in Wechselwirkung mit dem Sonnenwind ionisiert, es sind dies H_2O^+ , H_3O^+ , und OH^+ . Daneben werden auch noch andere Gase in kleineren Mengen freigesetzt. Neben Kohlenstoffverbindungen war auch Natrium beobachtet worden.

Aufgrund der spektroskopischen Beobachtungen wurden bereits vor den Raumsondenvorbeifügen bei Halley-Häufigkeitsverteilungen der verschiedenen Moleküle berechnet. Als Beispiel soll hier erwähnt werden, dass nach einem Modell in einer Entfernung von 8×10^4 Kilometern vom Kern das H_3O^+ Molekül gegenüber dem H_2O^+ zu überwiegen beginnt.² Diese Aussage zu überprüfen war eine der Aufgaben der 10 wissenschaftlichen Instrumente an Bord der Giotto-Sonde.

Uni Bern analysiert Kometengase

An den Messungen der Kometengasbestandteile war auch das Physikalische Institut der Universität Bern beteiligt. Eines der Experimente wurde von Prof. Hans Balsiger geleitet. Es handelte sich dabei um ein Ionen-Massenspektrometer (IMS). Ein weiteres Massenspektrometer zur Messung der neutralen Gasteilchen wurde ebenfalls mit der Beteiligung der Uni Bern realisiert. Bei diesem NMS (Neutral Gas Spektrometer) Experiment beteiligte sich ein Team unter der Leitung von Prof. Peter Eberhard. Es darf getrost gesagt werden, dass neben der Bildkamera die Massenspektrometer die wichtigsten Instrumente an Bord der Giotto-Sonde sind. Ein weiteres Massenspektrometer konnte sogar die Staubteilchen direkt analysieren. Dr. Jochen Kissel vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg leitete dieses PIA (Particulate Impact Analyser) Experiment.

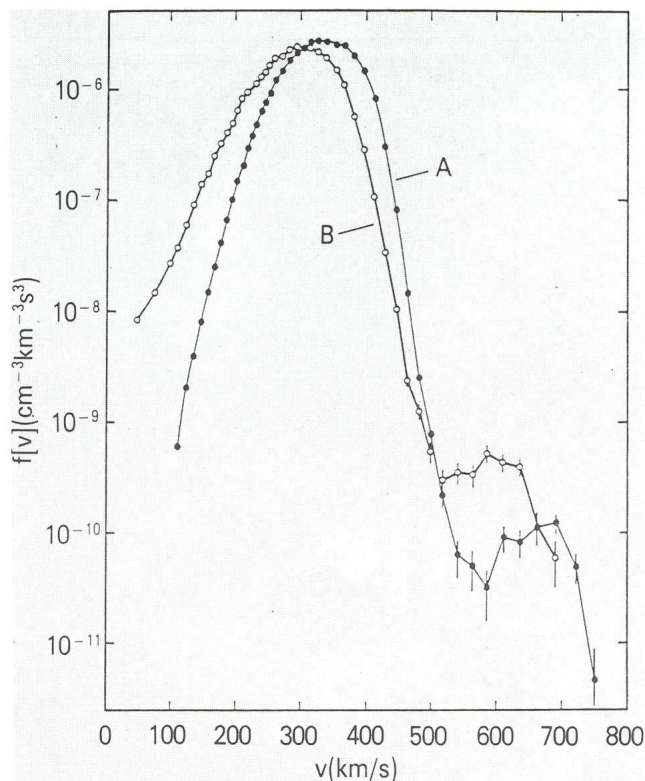
Das Massenspektrometer für ionisierte Gase IMS entdeckte schon früh die ersten Ionen, die direkt vom Kometen stammten:

Am 12. März 1986 um 18 Uhr GMT wurden in einer Entfernung von noch 7.5×10^6 Kilometer (7.5 Mio Km) vom Kometen die ersten Protonen kometaren Ursprungs registriert.³

Gemessen wurde bei diesem IMS-Experiment mit zwei verschiedenen Sensoren. Der HERS- (Hight Energy-Range-Spektrometer)-Sensor konnte Messungen im interplanetaren Raum durchführen und dadurch den Sonnenwind messen. Der zweite Sensor, HIS (Hight-Intensity-Spektrometer) mass in unmittelbarer Kometennähe die kometaren Ionen. Während der gesamten Annäherungsphase bis zur Minimalentfernung zum Kometenkern lieferte das Massenspektrometer eine Fülle von Messwerten.

Gaszusammensetzung ermittelt

Einige der wichtigen Beobachtungen mit dem Ionenmassenspektrometer IMS sollten hier aufgeführt werden. Der HIS-Sensor lieferte Daten aus einer Distanz von 2×10^5 Km vom Kern bis zur Minimalentfernung von 605 Kilometern. Im Bild 3 sind die gemessenen Moleküle im Spektrum zu sehen. Am



Spectrum	A	B
UT 13 March	14.49–15.42	19.03–19.27
Speed (km/s)	334	284
Density (cm ⁻³)	5	6
Thermal Mach No.	5.5	4.3
n _{shell} /n _{total}	.002	.007

Photo 2:

Un spectre historique du spectromètre de masse pour gaz ionisés de l'Université de Berne. Les courbes A et B montrent des ions d'hydrogène mesurés du vent solaire. Les deux spectres ont été pris le 13 mars (A) entre 14.49 h et 15.42 h GMT et (B) entre 19.03 h et 19.27 h GMT (temps universel). Le 12 mars 1986, les premiers protons de la comète ont été mesurés. Sur le spectre ils sont représentés par de petites éminences à droite. Esquisse du spectre: Prof. H. Balsiger, Université Berne.

les particules de poussière. Le Dr Jochen Kissel de l'Institut Max-Planck de physique nucléaire à Heidelberg dirigea cette expérience PIA (Particulate Impact Analyser).

Le spectromètre de masse pour gaz ionisés découvrit déjà très tôt les premiers ions venant de la comète: le 12 mars 1986 à 18.00h GMT, à une distance de $7,5 \times 10^6$ km (7,5 millions de km) de la comète, furent enregistrés les premiers protons en provenance de la comète. Lors de cette expérience, les mesures furent faites à l'aide de deux senseurs. Le senseur HERS (High-Energy-Range-Spektrometer) pouvait effectuer des mesures dans l'espace interplanétaire et, de ce fait, mesurer le vent solaire. Le second senseur HIS (High-Intensity-Spektrometer) mesura les ions de la comète dans les environs immédiats de celle-ci. Pendant toute la phase d'approche et jusqu'à une distance minimum du noyau, le spectromètre de masse livra une grande quantité de mesures.

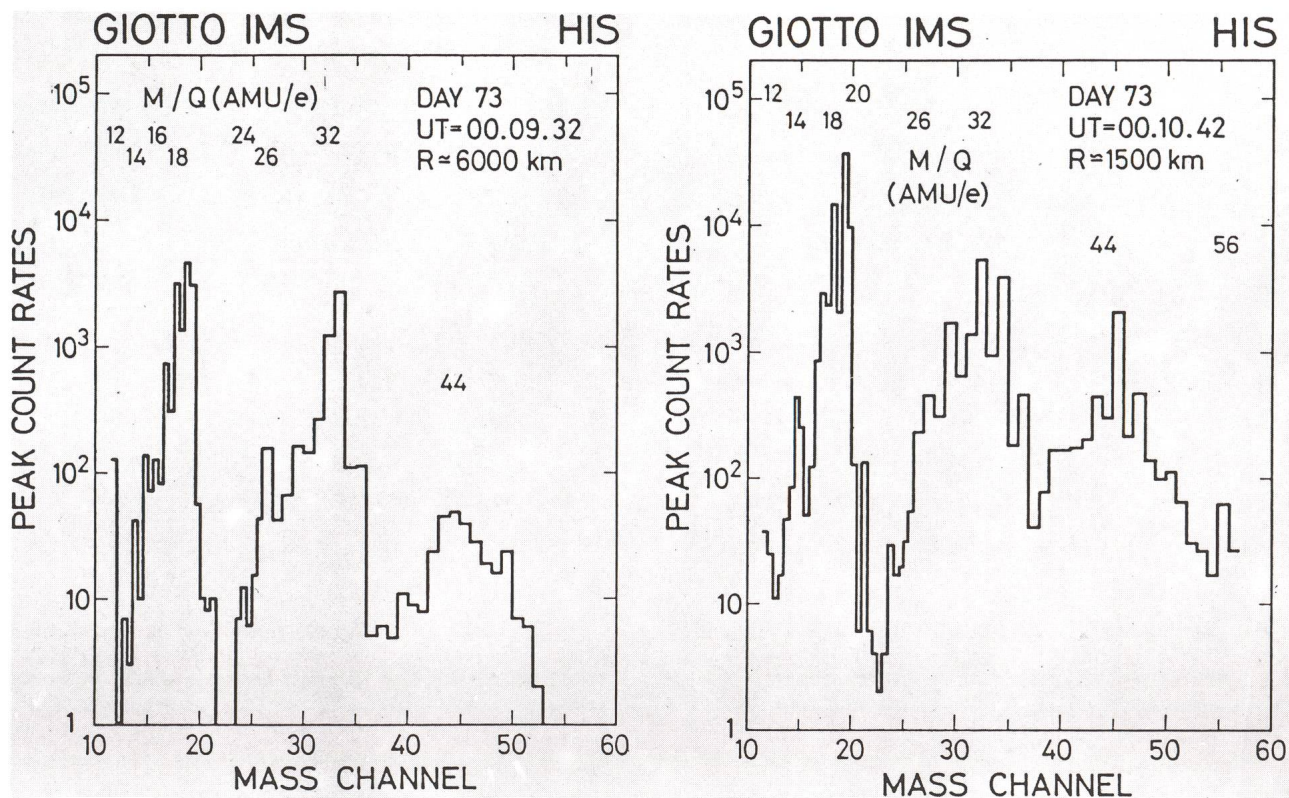


Bild 3:

Spektrum des HIS-Sensors: Im linken sind die Peaks Zählraten aus einer Distanz von 6'000 Kilometern vom Kern zu sehen. Der Hügel bei der Massenzahl 12 zeigt den ionisierten Kohlenstoff, die Wassergruppe stellt die Massenzahl 17-19 dar. Das rechte Spektrum zeigt Messungen innerhalb der Kontaktfläche aus einer Distanz von 1'500 Kilometern vom Kometenkern. Deutlich fällt auf, dass in der Wassergruppe das H_3O^+ Molekül (Masse 19) dominiert.

Spektrumskizze: Prof. H. Balsiger/Archiv Schmidt

Photo 3:

Spektrum des HIS-Sensors: Agauche sont visibles (les nombres de Peaks) à une distance de 6000 km du noyau. L'éminence près du nombre de masse 12 montre le carbone ionisé. Le groupe hydro constitue les nombres de masse 17-19. Le spectre de droite montre de mesures à l'intérieur de la zone de contact à une distance de 1500 km du noyau. Il est frappant que dans le groupe hydro, la molécule H_3O^+ (masse 19) domine.

Esquisse de spectre: Prof. H. Balsiger/Archives Schmidt

stärksten tritt deutlich die Wassergruppe vor (Masse 17-19), in der Gruppe mit der Masse 13-16 ist Methan zu finden, die Masse 16 zeigt den ionisierten Sauerstoff O^+ . Als Ueberraschung kann gewertet werden, dass reiner Kohlenstoff (Masse 12) relativ häufig vorkommt. Dagegen wurde Natrium weit weniger häufig registriert als dies vor dem Vorbeiflug angenommen worden war. Die Auswertung der Daten hat auch gezeigt, dass die Voraussage über eine Zunahme von H_3O^+ gegenüber H_2O^+ eingetroffen ist, wenn auch erst näher am Kern. Im zweiten Spektrum des Bildes 3, aus einer Distanz von 1'500 km vom Kern ist deutlich zu erkennen wie H_3O^+ viel häufiger anzutreffen ist als im ersten Spektrum aus 6'000 Kilometer Kernentfernung.³ Während des Anfluges registrierte der HIS-Sensor eine stetige Zunahme von verschiedenen Molekülen (Bild. 4). Zum Erstaunen der Berner Wissenschaftler konnte ein spezielles Ereignis vor dem Erreichen der Kontaktfläche beobachtet werden. Kurzfristig steigt die Menge der Moleküle an, so als würden sie sich vor der Kontaktfläche anstauen. «Wir haben hier ein Ereignis registriert, das wir überhaupt nicht erwartet haben» erklärte Prof. Hans Balsiger. «Die genaue Ursache für dieses Phänomen müssen wir noch abklären».

Découverte de la composition des gaz

Quelques-unes plus importantes observations au moyen du spectromètre de masse pour gaz ionisés sont citées ci-après. Le capteur HIS livra des données d'une distance de 2×10^5 km jusqu'à un minimum de 605 km du noyau de la comète. Sur l'image no 3 on peut voir les spectres des molécules mesurées. Le groupe aquatique est le plus distinct (masse 17 - 19); dans le groupe de masse 13 - 16 on trouve le méthane, la masse 16 montre l'oxygène ionisé O^+ . On peut qualifier de surprise le fait que le carbone pur (masse 12) se rencontre relativement souvent. Par contre, le sodium a été moins souvent enregistré que ce qu'on admettait avant le survol de la comète. La mise en valeur des données a aussi démontré que le pronostic concernant l'augmentation de H_3O^+ par rapport à H_2O^+ était exact, bien que plus proche du noyau.

Dans le second spectre de l'image no 3, à une distance de 1500 km du noyau, on reconnaît distinctement que H_3O^+ est beaucoup plus fréquent que dans le spectre à 6000 km du noyau. Pendant l'approche, le capteur HIS enregistra une constante augmentation des diverses molécules (image 4). A l'étonnement des savants bernois, on a pu observer un événement particulier avant d'attendre la zone de contact. A court terme, la

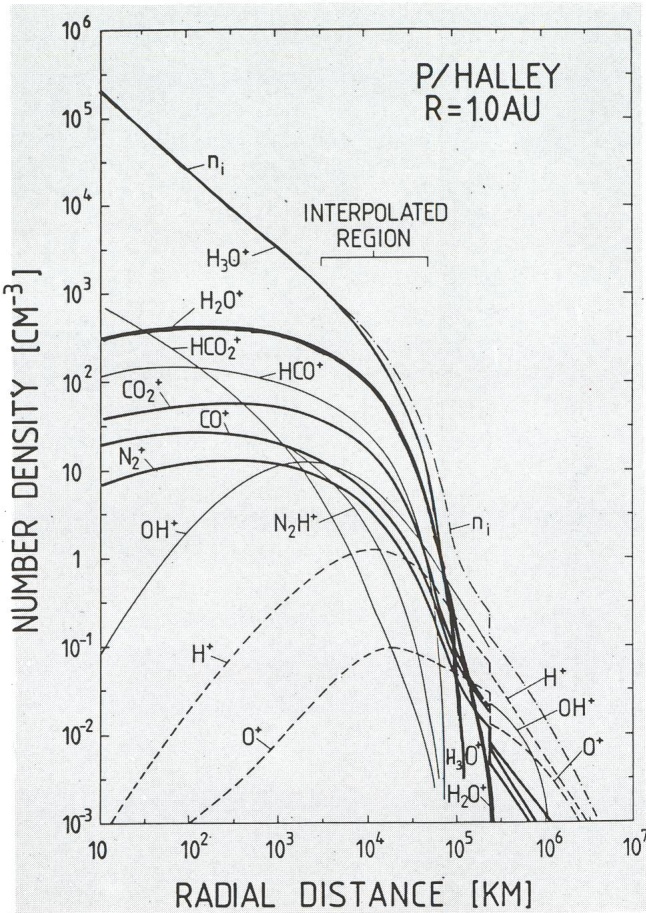


Bild 4: Kurve der ionisierten Moleküle im Kometengas als theoretisches Modell. Links nach oben ist die angenommene Dichte angegeben und unten nach rechts die Entfernung zum Kern. In diesem theoretischen Modell sind die Wissenschaftler davon ausgegangen, dass in einer bestimmten Entfernung zum Kern das H_3O^+ Molekül gegenüber dem H_2O^+ Molekül überwiegt. Diese Annahme konnte mit dem Ionenmassenspektrometer bestätigt werden.²
Skizze: Prof. H. Balsiger / Archiv Schmidt

Bild 5: Zeitliches Profil des HIS-Sensors während der Annäherung an den Kometenkern. Im linken senkrechten Balken ist die Zählrate angegeben, der untere Balken nach rechts zeigt die Zeit an. Der obere Balken nach rechts gibt die Entfernung zum Kometenkern an. Die Buchstaben CA (Closest approach) bezeichnen die minimale Distanz zum Kern (605 Kilometer). Das interessante an diesem Spektrum ist, dass nach einem mehr oder weniger regelmäßigen Ansteigen der Moleküle, vor der Kontaktfläche die Moleküle für kurze Zeit rasch ansteigen, wie wenn sie sich vor der Kontaktfläche anstauen würden. Diese Entdeckung wurde nicht erwartet und ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Auch auf diesem Spektrum kann das plötzliche Ueberwiegen von H_3O^+ gegenüber H_2O^+ erkannt werden.
Spektrumskizze: Prof. H. Balsiger Universität Bern/Archiv Schmidt.

Vorwiegend Wasser

Ebenso spektakuläre Ergebnisse lieferte das zweite Massenspektrometer mit Schweizer Beteiligung. Wie bereits erwähnt beteiligte sich ein Team der Uni Bern unter der Leitung von Prof. Peter Eberhard am NMS-Experiment. Geleitet wurde das Neutralgasmassenspektrometer-Experiment von Dr. Die-

Photo 4: Courbe des molécules ionisées dans le gaz de la comète comme modèle théorique. A gauche vers le haut est indiquée la densité admise et en bas vers la droite la distance au noyau. Dans ce modèle théorique, les savants sont partis du fait admis qu'à une certaine distance du noyau la molécule H_3O^+ dépasse en quantité la molécule H_2O^+ . Cette hypothèse a été confirmée par le spectromètre de masse pour gaz ionisés.
Esquisse: Prof. H Balsiger/Archives Schmidt

quantité des molécules augmenta comme si elles voulaient se masser sur la zone de contact. «Nous avons enregistré ici un événement que nous n'attendions pas du tout» déclara le Professeur Hans Balsiger. «La cause exacte de ce phénomène doit encore être éclaircie.»

Principalement de l'eau

Le second spectromètre de masse avec participation suisse livra également des résultats spectaculaires. Comme indiqué plus haut, un team de l'Uni Berne, sous la direction du Professeur Peter Eberhard, participa à l'expérience NMS. L'expérience fut dirigée par le Dr Dieter Kraukovsky de l'Institut Max-Planck de physique d'Heidelberg. L'un des résultats les plus importants fut le fait que la comète de Halley se compose pour 80% d'eau congelée. Selon les données de NMS, de la vapeur d'eau OH et de l'oxygène atomique ont été enregistrés à une distance d'environ 150 000 km du noyau. Une autre constatation fut que relativement beaucoup de combinaisons complexes du soufre se trouvent dans la matière de la comète. Ceci était inconnu avant le lancement de Giotto. Avec l'expérience NMS il a été également constaté que le sodium ne se trouve qu'en très petite quantité dans la comète. Jusqu'à une distance de 5000 km du noyau, il n'a été enregistré aucun ion Na^+ .

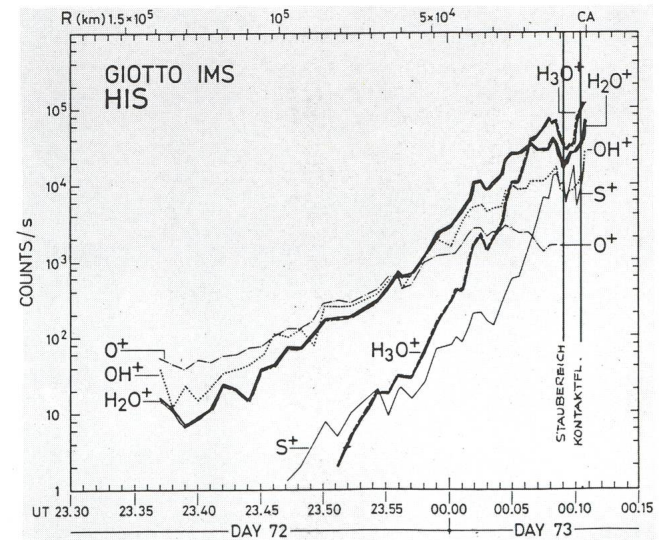
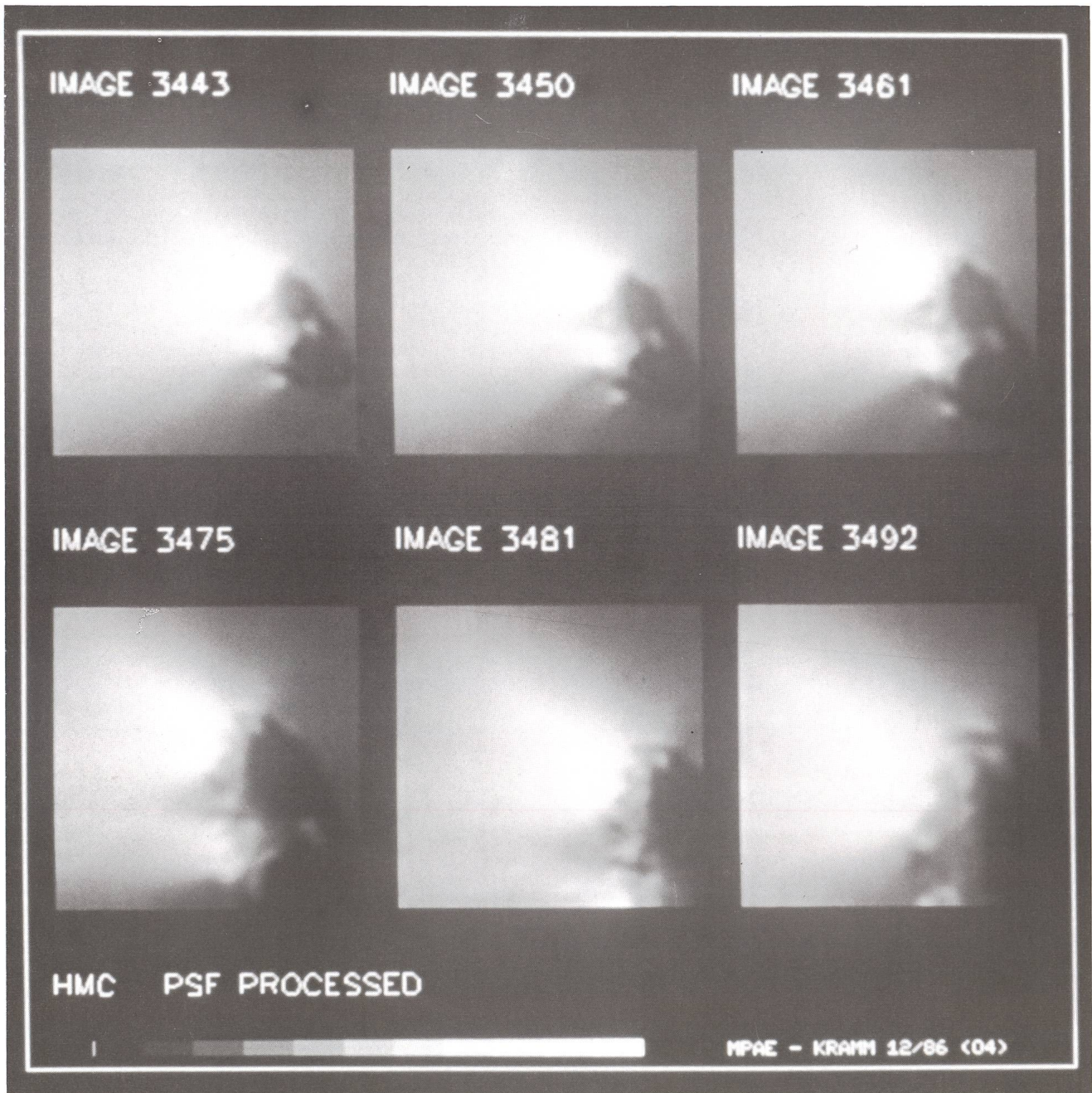


Photo 5: Profil latéral du senseur HIS pendant l'approche du noyau de la comète. Sur le côté vertical gauche est indiquée l'échelle; En bas, horizontalement, le temps est indiqué vers la droite. En haut, la distance au noyau de la comète, de gauche à droite. Les lettres CA/Closest Approach indiquent la distance minimale au noyau (605 km), l'intéressant à ce spectre est que après un accroissement plus ou moins régulier des molécules, celles-ci augmentent rapidement devant la zone de contact pour un court moment, comme si elles s'accumulaient devant cette zone. Cette découverte n'était pas prévue et fait l'objet de recherches ultérieures. Dans ce spectre également, la supériorité subite des molécules H_3O^+ sur les molécules H_2O^+ est reconnaissable.
Esquisse du spectre: Prof.H.Balsiger, Uni Berne/Archives Schmidt

**Bild 6:**

Bildserie der Annäherung der Giotto-Raumsonde zum Kern des Kometen Halley: Das erste Bild stammt aus einer Entfernung von 18'270 Kilometern, das letzte aus 4'910 Kilometern. Deutlich ist der dunkle Kern des Kometen mit zunehmendem Detailreichtum zu erkennen. Die Giotto-Bilder waren die ersten, welche eindeutig den Kometenkern identifizieren konnten.

Bild: © 1986 Max-Planck Institut für Aeronomie, Courtesy of H.U. Keller/Archiv Schmidt

Photo 6:

Série d'images de l'approche de la sonde spatiale Giotto vers le noyau de la comète de Halley. La première image a été prise à une distance de 18270 km, la dernière à 5910 km. Le noyau sombre de la comète est clairement visible avec toujours plus de détails. Les photos de Giotto ont été les premières qui permirent d'identifier clairement le noyau de la comète.

Photo: © 1986 Max-Planck Institut für Aeronomie, Courtesy of H.U. Keller/Archives Schmidt

ter Krankovsky vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg. Eines der wichtigsten Ergebnisse war, dass der Komet Halley zu 80% aus gefrorenem Wasser zusammengesetzt ist.⁴ In den NMS Daten wird Wasserdampf, OH und atomarer Sauerstoff in einer Entfernung von rund 150'000 Kilometern von Kern registriert.

Eine weitere Feststellung war, dass relativ komplexe oder viele Schwefelverbindungen in der Kometenmaterie vorkommen. Dies war vor dem Giotto-Vorbeiflug unbekannt. Auch mit dem NMS-Experiment wurde festgestellt, dass Natrium nur in ganz geringen Mengen vorkommt. Bis zu einer Distanz von 5'000 Kilometern vom Kern wurden überhaupt keine Na⁺ Ionen registriert.⁵ Die gewonnenen Messwerte der verschiedenen Massenspektrometer bestätigten den Wissenschaftlern, dass die Kometen zu den primitiven Körpern aus der Entstehungszeit unseres Sonnensystems gehören.

Geisyrartige Gas- und Stauberuptionen

Beim Kern des Kometen Halley handelt es sich im wesentlichen um einen sogenannten «schmutzigen Schneeball», wie in der vom amerikanischen Astronomen Fred Whipple zu Beginn der fünfziger Jahre aufgestellten Theorie.⁶ Allerdings stellte sich heraus, dass es eine sehr lockere Mischung von gefrorenen Gasen und Staubteilchen ist. Würde man ein Stück Kometenmaterie durch Erwärmen zum Schmelzen bringen, so würden nach dem Verdampfen der Gasbestandteile keine Staubpartikel zurückbleiben, sondern auch diese würden mitgerissen. Dies kommt daher, dass die Staubteilchen zum grössten Teil kleiner sind als vorausgesagt. Die meisten Staubteilchen haben eine Masse von 10⁻¹⁶ Gramm.⁷

Der ganze Kern ist ausserdem von einer pechschwarzen Schicht bedeckt, die verzögert, dass das darunterliegende Eis

Bild 7:

In Richtung zur Sonne ist der Kern stellenweise aktiv. Das Bild aus 25'650 Kilometern zeigt den Kometenkern und verschiedene Aktivitätszonen. Mit der elektronischen Bildaufbereitung konnten insgesamt 13 verschiedene Gas- und Staubbjets identifiziert werden. Einzelne schiessen auch aus der sonnenabgewandten Richtung aus dem Kern.

Bild: © 1986 Max-Planck-Institut für Aeronomie, Courtesy of H.U. Keller/Archiv Schmidt

schmelzen und verdampfen kann. Die Temperatur der Kernoberfläche liegt bei 60 bis 130° Celsius. Die darunterliegenden gefrorenen Gase tauen auf und der Druck steigt an. Schliesslich bricht die schwarze Schicht stellenweise auf der sonnenzugewandten Seite auf und bewirkt, dass die freiwerdenden Gase eruptionsartig in den Raum hinauschiessen. Die Astronomen nennen diese geisyrartigen Ausbrüche Jets. Die Instrumente der europäischen Raumsonde Giotto haben festgestellt, dass etwa 4 t Staub pro Sekunde in den Raum hinausgeschossen werden.

Kernoberfläche ist "Frisch geteert"

Wie bereits erwähnt, registrierte das Ionenmassenspektrometer der Uni Bern auch Methan als Gasbestandteil. Die Wissenschaftler nehmen an, dass der Sonnenwind - ein von der Sonne stetig mit 400 Km/sek abdampfender Teilchenstrom - verantwortlich ist, dass die Oberfläche des Kometenkerns pechschwarz ist. In einem Experiment auf der Erde haben die drei italienischen Physiker L. Calcagno, G. Foti und G. Strazulla von der Universität Catania festgestellt, dass tiefgefrorenes Methan bei der Bestrahlung mit schnellen Protonen innerhalb von kurzer Zeit geschwärzt wird. Diese energiereichen Partikel

Les mesures recueillies par les différents spectromètres confirment aux savants que les comètes font partie des corps primitifs issus du temps de la formation de notre système solaire.

Gaz en forme de geyser et éruptions de poussière

Le noyau de la comète de Halley se compose essentiellement d'une «boule de neige sale», comme indiqué dans la théorie de l'astronome américain Fred Whipple au début des années 50. En effet, il apparut qu'il s'agit d'un mélange peu cohérent de gaz et de particules de poussière congelés. Si on réchauffait un morceau de comète jusqu'à le fondre, il ne resterait, après l'évaporation des gaz, aucune particule de poussière car celles-ci aussi seraient entraînées par l'évaporation. Cela provient du fait que les particules poussiéreuses sont en grande partie plus petites que prévu. La plupart des particules ont une masse de 10⁻¹⁶ grammes. D'autre part, tout le noyau est recouvert d'une couche noire comme jais qui empêche que la glace sous-jacente ne fonde et s'évapore. La température de la surface du noyau s'élève à 60 - 130° C. Les gaz congelés sous-jacents fondent et la pression monte. Enfin, la couche noire se fend par endroits sur le côté exposé au Soleil et permet au gaz de s'échapper sous forme eruptive dans l'espace. Les astronomes nomment ces éruptions en forme de geyser jets. Les instruments de la sonde européenne Giotto ont constaté qu'environ 4 tonnes de poussière par seconde sont projetées dans l'espace.

La surface du noyau est fraîchement goudronnée

Comme déjà indiqué, les spectromètre de masse de l'Uni Berne a aussi détecté du méthane comme partie de gaz. Les savants admettent que le vent solaire - un courant de particules éjectées en permanence par le Soleil à la vitesse de 400 km/sec. est responsable du fait que la surface du noyau soit noire. Lors d'une

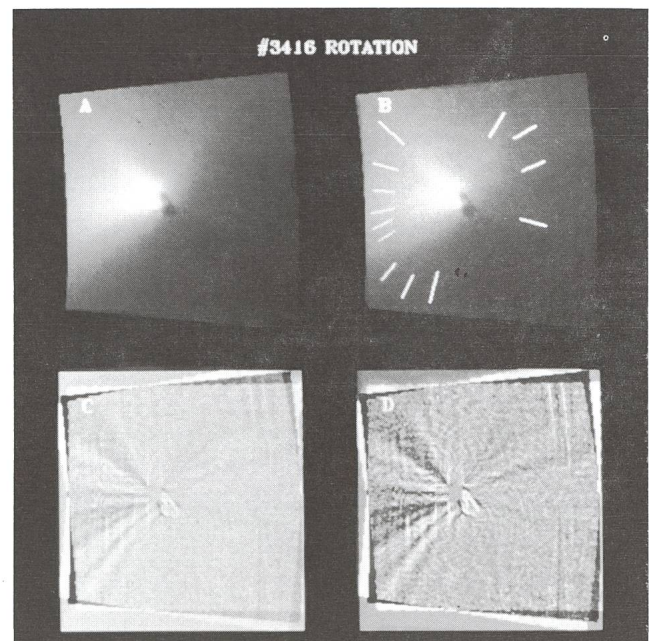


Photo 7:

En direction du Soleil, le noyau est partiellement actif. Cette image prise à 2565 km montre le noyau de la comète et diverses zones d'activité. Par traitement électronique de l'image, furent identifiés au total 13 jets de gaz et de poussière. Quelques-uns partent également de la partie opposée au Soleil.

Photo: © 1986 Max-Planck Institut für Aeronomie, Courtesy of H.U. Keller/Archives Schmidt

Bild 8:

Der sowjetischen Raumsonde Vega 2 gelang dieses Foto aus 8030 Kilometern Distanz von Kern am 9. März 1986. Die Umrisse des Kometenkerns sind auf diesem Bild schwach sichtbar, ebenfalls verschiedene Strahlen, sogenannte Jets die vom Kern wegführen. Es handelt sich hier um das beste Vega 2 Bild von Halleys Kern.

Bild: Courtesy of R.Z. Sagdeev IKI/Archiv Schmidt

sind die wesentliche Komponente des Sonnenwindes. Die drei Forscher konnten zeigen, dass Bestrahlungsdosen von 10^{16} bis 10^{17} Ionen pro Quadratcentimeter weisses Methan-Eis innerhalb kurzer Zeit in ein schwarzes Material verwandeln. Die Oberfläche des Kometen Halley ist demnach «frisch geteert». Damit scheint auch das Rätsel gelöst zu sein, warum Halleys Kern zu den dunkelsten Körpern im Sonnensystem gehört. Die schwarze Schicht auf der Kernoberfläche erhält demnach ihre Farbe durch das Bombardement des Sonnenwindes und wird durch das stetige «Einsammeln» von interplanetarem Staub und frei werdenden eigenen Staubteilchen gebildet.

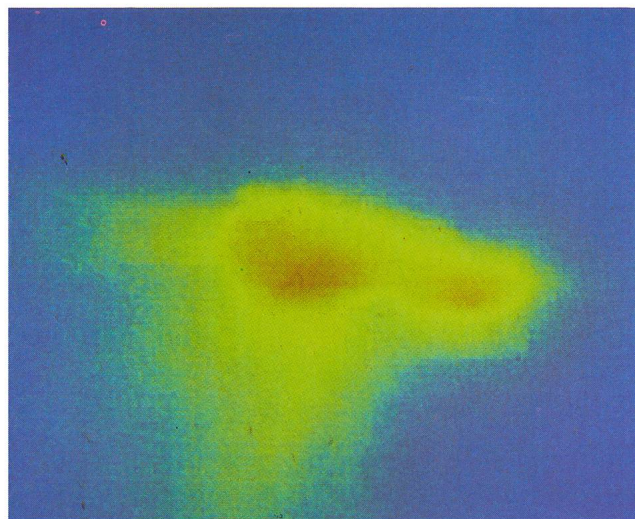
Wie Dr. Eberhard Grün vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg erklärte, wurden grosse Mengen von Kohlewasserstoffen in der Kometenmaterie festgestellt. Diese wurden bei der Analyse des Kometenstaubes mit dem Staubeinschlagmassenspektrometer registriert.

Wie schnell rotiert Halley?

Die Bildauswertung der Giotto-Mission und der russischen Vegasonden haben unser Wissen auch über das Aussehen und Beschaffenheit eines Kometenkerns erweitert. Die HMC (Halley Multicolour Camera) hat in der Nacht vom 13. zum 14. März 1986 mehrere tausend Bilder von der Kernumgebung des Kometen Kometenkern nicht erkannt werden. Einerseits war das Vega-1 Kamerasystem unscharf und andererseits war offensichtlich extrem viel Staub um den Kern vorhanden der ihn so verschleierte. Dank der elektronischen Bildauswertung konnte aber die Form und die Grösse des Kern erkannt werden. Zusammen mit den Bildern von Giotto versuchen gegenwärtig die Wissenschaftler ein dreidimensionales Modell des Kerns zu rekonstruieren. Vor allem werden die Daten von Giotto und Vega auch dazu verwendet, um die genaue Rotation des Kerns zu definieren. Schon erdgebundene Beobachtungen hatten gezeigt, dass Halley vermutlich in 2,2 Tagen sich um seine eigene Achse dreht. Andere Beobachtungen wieder deuten auf eine Rotationszeit von 7,4 Tagen hin. Wie Dr. Klaus Wilhelm vom Max-Planck-Institut für Aeronomie erklärte, wurden zur Rotationsermittlung auch die Vegabilder herangezogen⁸. Falls die sowjetische Aussage zutrifft, dass die Vega 2 Sonde im Vergleich zu Giotto die Rückseite des Kerns fotografiert hat, so würde eine Rotation von 2,2 Tagen zutreffen. Die Rotationachse würde sich in diesem Fall quer zu seiner längsten Ausdehnung befinden. Halley rotiert dadurch um seine kleine Achse und diese vollzieht vielleicht zusätzlich noch eine Präzession (Täumelbewegung). Eine andere Meinung vertritt der Wissenschaftler Z. Sekanina vom Jet Propulsion Laboratory, Pasadena California, er spricht von einer Rotationszeit von 7.4 Tagen und zwar um die Längsachse des erdnussförmigen Kerns. Daneben meint Sekanina, dass die beobachtete Periode von 2,2 Tagen durch eine Täumelbewegung herrührt. Weitere Untersuchungen werden notwendig sein, um diesbezüglich eine endgültige Klärung zu erhalten.

Besuch eines weiteren Kometen

Die europäische Kometensonde Giotto hat das Rendezvous mit dem Kometen Halley mit einigen «Schrammen» überstanden und umkreist gegenwärtig die Sonne. Zurzeit ist der Satel-

**Photo 8:**

La sonda spatiale Véga 2 a réussi cette photo à une distance de 8030 km du noyau le 9 mars 1986.

Les contours du noyau sont faiblement visibles sur cette prise de vue; divers rayons également partant du noyau et appelés jets. Il s'agit ici de la meilleure photo du noyau de Halley par Véga 2.

Photo: Courtesy R.Z. Sagdeev/Archives Schmidt

expérience sur Terre, les trois physiciens italiens L. Calcagno, G. Foti et G. Strazulla de l'Université de Catane ont constaté que le méthane congelé est noirci en peu de temps quand il est irradié par de rapides protons. Ces particules riches en énergie sont les principales composantes du vent solaire. Les trois chercheurs purent démontrer que des doses d'irradiation de 10^{16} à 10^{17} ions par centimètre carré transforment la glace blanche du méthane en très peu de temps en matière noire. La surface de la comète Halley est ainsi fraîchement goudronnée. Ainsi, il apparaît que le problème est résolu de savoir pourquoi le noyau de la comète de Halley est l'un des corps les plus sombres dans le système solaire. La couche noire sur la surface du noyau reçoit sa couleur par le bombardement du vent solaire et est formé par l'incessant ramassage de poussière interplanétaire et les particules de poussière libérées par lui-même. Comme le Dr Eberhard Grün de l'Institut Max-Planck de physique nucléaire à Heidelberg l'indique, de grandes quantités de carbure d'hydrogène ont été constatées dans la matière de la comète. Elles furent enregistrées lors de l'analyse des poussières de la comète par le spectromètre.

Quelle est la vitesse de rotation de Halley?

La mise en valeur des photographies des sondes Giotto et Véga ont élargi nos connaissances sur l'aspect et la composition d'un noyau de comète. La caméra HMC (Halley Multicolour Camera) a pris plusieurs milliers de photographies des environs du noyau de la comète dans lesquelles, à première vue, le noyau ne put être reconnu. D'une part, le système de caméra de Véga 1 n'a pas fourni d'images nettes et d'autre part, il y avait apparemment énormément de poussière autour du noyau, ce qui l'a voilé. Mais grâce à la mise en valeur électronique des prises de vue, il a été possible de reconnaître la forme et la grandeur du noyau. Les savants cherchent actuellement, en étudiant les photographies de Véga et de Giotto, à reconstruire un modèle à trois dimensions du noyau de Halley. Les données de Véga et Giotto sont également utilisées avant tout pour déterminer la rotation du noyau. Des observations terrestres avaient déjà démontré qu'Halley tourne autour de son propre axe en 2,2 jours. D'autres observa-

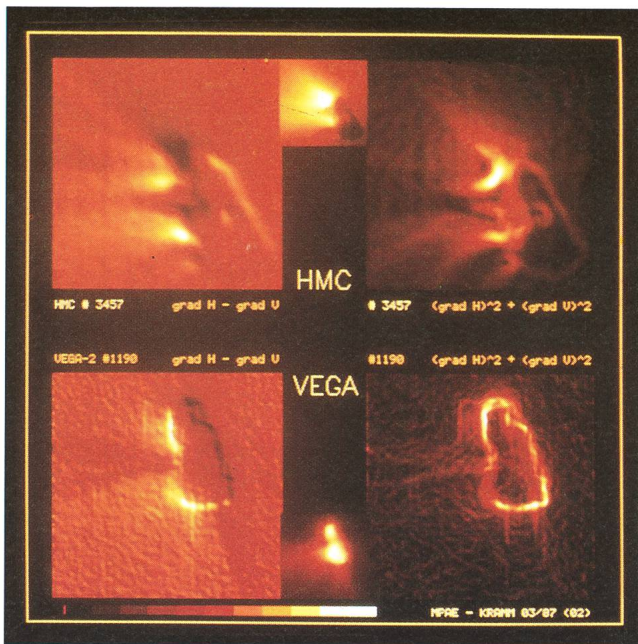


Bild 9:
Zur Erstellung einer dreidimensionalen Darstellung des Kometenkerns, werden die Daten der Giotto-sonde und der russischen Vegasonden miteinander verglichen. Auf diesem Bild ist oben ein Giotto-Bild und unten ein Vegabild zu sehen. Die Aktivitätszonen, wie auch die Rotation des Kerns werden durch solche Vergleiche ermittelt.
Bild: Courtesy of H.U. Keller, MPAE/Archiv Schmidt

lit abgeschaltet, er soll aber Ende 1989 wieder reaktiviert werden. Die Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Lindau wollen versuchen, die HMC (Halley-Multicolour-Camera) wieder in Betrieb zu nehmen. Die Kamera war in der Nacht vom 13. zum 14. März in etwa 1000 Kilometern von Halley «ausgestiegen». Testversuche mit der Kamera, die wenige Stunden nach dem Vorbeiflug durchgeführt wurden, zeigten zwar, dass die Kameraelektronik noch funktioniert, es konnte jedoch kein Objekt am Himmel abgebildet werden. Möglicherweise hat die Kamera die Orientierung verloren, meint Dr. H.U. Keller. Sollte die «Reparatur» der Kamera gelingen, könnte die Sonde bei ihrem nahen Vorbeiflug an der Erde am 2. Juli 1990, mit Kurskorrekturen auf eine neue Bahn gebracht, um am 14. Juli 1992 in die Nähe des Kometen Grigg-Skjellerup zu gelangen. Auch hier würde GIOTTO dann versuchen, Bilder des Kometenkerns zu gewinnen, welche qualitativ gegenüber den Halley-Bildern sogar noch besser sein könnten, da die Sonde keine so grosse Relativgeschwindigkeit zum Kometen mehr aufweisen würde, wie dies bei der Halley-Begegnung der Fall war. Die beteiligten Wissenschaftler wären froh, wenn dieses geplante Unternehmen erfolgreich realisiert werden könnte. Da-

Bild 10:
Das schönste Bild vom Kern: Für dieses Bild wurden sechs Bilder ineinandergesetzt, die aus Entfernungen von 14'485 km, 9774 km, 8212 km, 5219 km, 3865 km und 2791 km aufgenommen wurden. Die Auflösung verbessert sich zum hellsten Punkt hin. Neben den Staub- und Gasfontänen zur Sonne hin, sind eine schüsselartige Vertiefung und verschiedene Strukturen nach oben hin erkennbar. Etwa in der Mitte links ist eine Senke zu sehen, der Kern scheint hier eine Einschnürung aufzuweisen.
Bild: © 1986 Max-Planck-Institut für Aeronomie, Courtesy of H. U. Keller/Archiv Schmidt

Photo 9:
Pour obtenir une représentation tridimensionnelle du noyau de la comète, les données de la sonde Giotto et des sondes russes Véga ont été comparées entre elles. Sur cette image, nous voyons en haut une photo de Giotto et en bas une photo de Véga. Les zones d'activité ainsi que la rotation du noyau sont déterminées au moyen de telles comparaisons.
Photo: © 1986 Max-Planck-Institut für Aeronomie, Courtesy of H.U. Keller MPAE/Archives Schmidt

tions démontrent un temps de rotation de 7,4 jours. Comme l'indique le Dr. Klaus Wilhelm de l'Institut Max-Planck pour l'aéronomie, les prises de vue de Véga sont également utilisées dans ce but.

Si les déclarations soviétiques sont exactes, disant que les prises de vue de Véga 2, en comparaison avec celles de Giotto, montrent le revers du noyau, la rotation de 2,2 jours serait exacte. L'axe de rotation serait dans ce cas transversal sur la plus grande dimension du noyau. Ainsi Halley effectue sa rotation autour de son axe le plus petit qui, peut-être, effectue également une précession. Le savant Z. Sekanina du Jet Propulsion Laboratory de Pasadena en Californie est d'un autre avis. Il parle d'un temps de rotation de 7,4 jours autour du grand axe du noyau en forme de cacahuète. De plus, Sekanina pense que la période observée de 2,2 jours provient d'un mouvement (précession). D'autres recherches plus approfondies seront nécessaires pour éclaircir définitivement ce point.

Visite d'une autre comète

La sonde européenne Giotto a réussi son rendez-vous avec la comète de Halley avec quelques égratignures et est actuellement en orbite autour du Soleil. Les satellite est présentement hors-



Photo 10:
La plus belle image de noyau
Pour l'obtenir, 6 prises de vue ont été mises ensemble. Elles furent prises à des distances de 14485 km, 9774 km, 8212 km, 5219 km, 3865 km et 2791 km. La résolution s'améliore en direction du point le plus clair. A part les fontaines de gaz et de poussières en direction du Soleil, on reconnaît diverses structures et une cavité en forme d'écuelle. A peu près au milieu à gauche, on voit une dépression, le noyau semble avoir ici un étranglement.
Photo: © 1986 Max-Planck-Institut für Aeronomie, Courtesy of H.U. Keller/Archives Schmidt

durch könnten Vergleiche mit den Messungen beim Vorbeiflug am Halleyischen Kometen angestellt werden. Die brennendste Frage für die Fachleute ist, ob die gewonnenen Daten der fünf Raumsonden vom Kometen Halley nur für Halley zutreffen, oder ob die Messungen auch bei den anderen Kometen ihre Gültigkeit haben.

circuit mais doit être réactive à fin 1989. Les savants de l'Institut Max-Planck pour l'aéronomie à Lindau essaient de remettre en route la caméra HMC. La caméra a cessé son fonctionnement à environ 1000 km de Halley. Des essais qui ont eu lieu peu de temps avant la rencontre ont montré que l'électronique de la caméra fonctionnait encore mais ne pouvait pas prendre d'image



Bild 11:

Prächtig erscheinen auf dieser aus 60 Einzelbilder zusammengesetzten Aufnahme die Gas und Staubfontänen die vom Kern in Richtung Sonne abdampfen. Ferner ist ein Tal am oberen Ende des unregelmässig geformten Kerns zu erkennen, sowie eine kraterähnliche Vertiefung und eine mehrere hundert Meter hohe Erhebung die im dunklen Teil des Kerns von der Morgensonne angeleuchtet wird.

Bild: Max-Planck-Institut für Aeronomie/Archiv Schmidt

Photo 11:

Sur cette prise de vue composée à l'aide de 60 photos particulières, les fontaines de gaz et de poussières apparaissent magnifiquement, partant du noyau et s'évaporant en direction du Soleil. D'autre part, on reconnaît une vallée au bord supérieur irrégulier du noyau ainsi qu'une cavité genre cratère et une éminence de plusieurs centaines de mètres de hauteur qui est illuminée par le Soleil matinal, dans la partie sombre du noyau.

References:

1. Whipple F.L., 1950 A comet model, *Astrophys. J.* 111,779-798
2. Ip W.H., *Cometary Atmospheres, Astronomy and Astrophysics*, 92 95-100, 1980
3. Balsiger et al, Ion composition and dynamics at comet Halley, *Nature* 321,330,1986
4. Krankowsky et al, In situ gas and ion measurements at comet Halley, *Nature* 321,326, 1986
5. Krankowsky et al In situ gas and ion measurements at comet Halley, *Nature* 321,329,1986
6. Whipple F. L. The Black Heart of Comet Halley, *Sky & Telescope* 73, 242, 1987
7. Kissel et al, Composition of comet Halley dust particles from Giotto observations *Nature* 321,337,1986
8. K. Wilhelm, personal communication with the autor

d'objet céleste. Il est probable que la caméra a perdu l'orientation, pense le Dr. H.U. Keller.

Si la réparation de la caméra réussit, la sonde pourrait, lors de son passage près de la Terre le 2 juillet 1990, après une correction de direction la plaçant sur une nouvelle orbite, s'approcher le 14 juillet 1992 de la comète Grigg Skjellerup. Ici également, Giotto essaierait d'obtenir des photographies du noyau de la comète qui pourraient être qualitativement meilleures que celles de Halley, car la sonde n'aurait pas une vitesse relative à la comète si grande que ce fut le cas lors de la rencontre avec Halley. Les savants intéressés seraient heureux si cette entreprise projetée pouvait être réalisée avec succès. On pourrait alors faire des comparaisons avec les résultats obtenus près de Halley. La question la plus brûlante pour les savants est de savoir si les données obtenues par les 5 sondes spatiales auprès de Halley ne concernent que Halley ou peuvent être appliquées aux autres comètes.

Adresse des Auteurs:

MEN J. SCHMIDT, Kirchstrasse 56, CH-9202 Gossau

Traduction: J. - A. HADORN

Die erste umfassende Dokumentation des südlichen Sternhimmels



S. Laustsen,
C. Madsen, R. M. West

Entdeckungen am Südhimmel

Ein Bildatlas der Europäischen
Südsternwarte (ESO)

Subskriptionspreis
bis 31.12.1987:
sFr. 84.- / DM 98.-

Ab 1.1.1988:
sFr. 108.- / DM 128.-

1987. 264 Seiten, 40 ganzseitige
Farbtafeln, 50 Farb- und
147 sw-Abbildungen, 1 Falttafel,
Gebunden
ISBN 3-7643-1896-1

Das 25jährige Bestehen des «European Southern Observatory» (ESO), wird mit einer bemerkenswerten Publikation gefeiert. «Entdeckungen am Südhimmel» ist eine Sammlung überwältigender Fotografien ergänzt durch einen aufschlussreichen Kommentar. Das Werk bietet einen Überblick über die enorme Vielzahl von Galaxien und Sternhaufen, die durch die ESO-Teleskope bisher entdeckt wurden. Eine Reise durch die Milchstrasse, zeigt Objekte wie Dunkelwolken, planeta-

rische Nebel, HII-Regionen, Herbig-Haro-Objekte und aus unserem Sonnensystem Einzeldarstellungen von Asteroiden und Kometen, sowie eine Serie von besonderen Fotografien des Kometen Halley und Supernova 1987 A. Ausserdem werden das ESO selbst, die Teleskope und Zukunftspläne beschrieben. Die Autoren sind ausgewiesene Spezialisten in der astronomischen Forschungsarbeit und erfahrene Astrofotografen.

Die deutsche Ausgabe wurde in Zusammenarbeit mit dem Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, realisiert.

B
Birkhäuser
Verlag
Basel · Boston