

## **Was bringt uns die Wiederkehr des Halley'schen Kometen?**

**von Ernst Göbel, Wien**

Wieder nähert sich der wohl berühmteste aller Kometen, der Halley'sche Komet der Erde. Als Überreste der Urmaterie, aus der unser Sonnensystem entstand, sind die Kometen sehr interessante Objekte der Forschung. Die folgende Arbeit soll einen Abriß unseres heutigen Wissens über Kometen geben.

Kometen haben schon immer die Phantasie der Menschen beflügelt. Ihr plötzliches, unvorhersehbares Auftauchen und ihr bizarres Aussehen mit dem typischen, manchmal große Teile des Himmels bedeckenden Schweif, hat schon immer den Aberglauben genährt und sie als Fingerzeig Gottes, bzw. als Vorboten herannahenden Unheils, wie Hungersnöte, Kriege und Seuchen erscheinen lassen. Selbst heute, wo man viel über die Natur der Kometen weiß, die Bahnen berechnen und damit eine eventuelle Wiederkehr voraussagen kann, haben sie kaum etwas von

ihrem Mythos verloren, wie der jüngste Medienrummel anlässlich der Wiederkehr des Halley'schen Kometen beweist. Die große Faszination dieses berühmtesten Vertreters seiner Klasse erklärt sich vielleicht auch durch den Umstand, daß seine mittlere Umlaufszeit mit rund 76 Jahren etwa der Spanne eines Menschenlebens entspricht, er somit (mit wenigen Ausnahmen) nur einmal im Leben gesehen werden kann. Die diesjährige Wiederkehr war für die Bewohner der nördlichen Hemisphäre freilich eher enttäuschend, was mit der Bahn des Kometen, bzw. der Stellung der Erde zusammenhängt und im Folgenden etwas genauer dargestellt wird.

## **I. KOMETENBAHNEN**

Die große Mehrzahl der Kometen bewegt sich auf elliptischen Bahnen durch unser Sonnensystem. Diese Ellipsen weisen allerdings — im Gegensatz zu den Planetenbahnen — eine sehr hohe Exzentrizität auf, sind also sehr langgestreckt, was wiederum Umlaufperioden von oft vielen Jahrtausenden bis hin zu einigen Jahrmillionen zur Folge hat. Es ist klar, daß solche langperiodische Kometen nur einmal beobachtet werden. Umlaufzeiten unter 200 Jahren werden als kurzperiodisch bezeichnet. Der Halley'sche Komet, der in diesem Jahr zum 30. Mal beobachtet wird, gehört zu den am häufigsten registrierten und am weitesten zurückverfolgten (bis zum Jahr 240 v. Chr.). Dazu war es freilich notwendig, die Bahn des

Kometen nach den Gesetzen der Himmelsmechanik zu berechnen und mit früheren Erscheinungen zu vergleichen.

Edmond HALLEY war es, der diese Zusammenhänge richtig erkannte und erstmals das Wiedererscheinen eines (später nach ihm benannten) Kometen voraussagte.

HALLEY wurde am 8. Nov. 1656 in Haggerston bei London geboren. Als Direktor der Sternwarte von Greenwich sammelte er alle ihm zugänglichen Berichte über Kometenerscheinungen, um ihre Bahn zu berechnen. Er war ein Zeitgenosse Isaac NEWTONS (1642 - 1727), mit dem er sich eng befreundete. Diese Freundschaft erwies sich für die wissenschaftliche Welt als sehr wertvoll, denn Halley's Bemühungen ist es zu danken, daß Newtons berühmtes Werk „Principia mathematica“ gedruckt wurde. Andererseits war es Halley nur durch seine gründlichen Kenntnisse von Newtons Gravitationstheorie möglich, Kometenbahnen zu berechnen. Als er 1695 die Bahnen von 24 seit dem 14. Jhdt. erschienenen Kometen untersuchte, fiel ihm auf, daß es darunter 3 mit einer nahezu identischen Bahn gab, nämlich jene aus den Jahren 1531, 1607 und 1682. Das brachte ihn auf den Gedanken, daß es sich bei diesen 3 Erscheinungen um denselben Kometen handelte und er wagte die Voraussage, „sein“ Komet werde im Jahre 1758 wieder am Himmel erscheinen. Den Triumph der Wiederkehr erlebte Halley nicht mehr; er starb am 25. Jänner 1742. Seither trägt der

Komet, der auf so eindrucksvolle Weise die Gültigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes demonstrierte, seinen Namen. Um die Größe und Form einer Kometenbahn, sowie deren Lage im Raum eindeutig zu fixieren, braucht man nach einfachen geometrischen Prinzipien 5 sog. Bahnelemente. Als 6. Bahnelement wird noch die Zeit  $T$  eingeführt, zu der der Komet sein Perihel (sonnennächster Bahnpunkt) durchläuft.

Diese Bahnelemente sind für den Halley'schen Kometen in der folgenden Tabelle angeführt.

Bezeichnung	Symbol	
Periheldistanz	$q$	87.8 Millionen km
Bahnexzentrizität	$e$	0.96728
Neigung zw. Kometenbahn u. Erdbahn (Ekliptik)	$i$	162.24
Länge des aufsteigenden Knotens	$\Omega$	58.15
Winkel zw. Perihel u. aufsteigendem Knoten	$\omega$	111.85
Perihelzeit	$T$	1986 Februar 9.4518

Tab. 1 Bahnelemente des Halley'schen Kometen.

Kennt man diese 6 Bahnelemente, so kann man den Ort des Kometen im Raum zu jedem beliebigen Zeitpunkt berechnen. Aus der Kenntnis der Lage der Erde in ihrer Bahn, kann man den Ort am Himmel bestimmen, auf den der Komet projiziert erscheint; es

ist somit möglich, seine Koordinaten am Himmel zu bestimmen. Abb. 1 zeigt die Bahn des Kometen in unserem Sonnensystem.

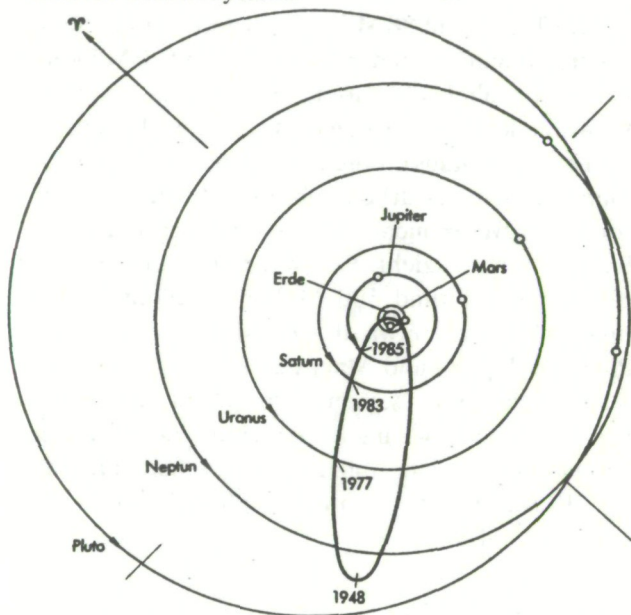


Abb. 1: Schematische Darstellung der Bahn des Halley'schen Kometen. Das Zeichen  $\Upsilon$  markiert die Richtung zum Frühlingspunkt.

Man sieht, daß der Komet sein Aphel (sonnenfernster Punkt) im Jahre 1948 durchlaufen hat. Dieser Bahnpunkt liegt noch außerhalb der Neptunbahn in einer Entfernung von etwas mehr als 5 Milliarden Kilometer. Gemäß dem 2. Kepler'schen Gesetz bewegt er sich dort nur mit knapp einem Kilometer

pro Sekunde (910 m/s). Seither nahm seine Geschwindigkeit zu und am 9. Februar 1986 raste er mit 55 km/s durch sein Perihel, wobei er sich an diesem Tag bis auf 88 Millionen Kilometer der Sonne näherte; damit war er der Sonne um rund 20 Millionen Kilometer näher als unser innerer Nachbarplanet Venus. Diese Daten demonstrieren auch, daß ein Komet den weitaus größten Teil seiner Umlaufzeit in sonnenfernen Bezirken unseres Planetensystems verbringt, wo er nicht aktiv ist und sich auch jeder Beobachtung entzieht. Erst wenn sich seine Distanz zur Sonne auf rund 500 Millionen Kilometer verringert hat (was etwa in der Mitte zwischen den Planeten Jupiter und Mars der Fall ist), beginnt er seine Koma und seinen Schweif zu entwickeln; Erscheinungen, die im II. Abschnitt noch genauer beschrieben werden. Abb. 2 zeigt die scheinbare Bahn des Kometen am Himmel, während seines Erscheinens 1985/86.

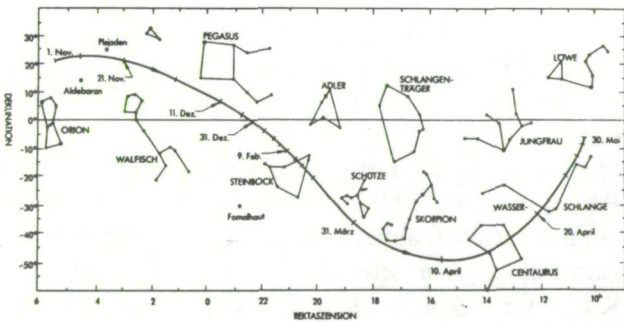


Abb. 2: Scheinbare Bahn des Halley'schen Kometen 1985/86.

Die Abbildung macht deutlich, daß der Komet sehr tief auf den Südhimmel wandert (bis zu Deklinationen von  $-47^\circ$ ), was für mittlere nördliche Breiten wie Österreich bedeutet, daß er zeitweise völlig unsichtbar wird. Da die Beobachtung aber auch in Horizontnähe sehr stark durch atmosphärische Extinktion beeinträchtigt wird, gab es auch für die übrige Zeit keine guten Sichtbedingungen von der Nordhalbkugel aus (siehe Abb. 3).

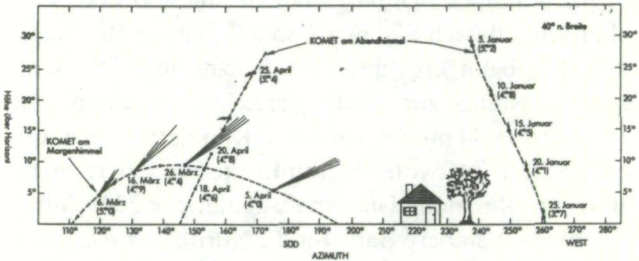


Abb. 3: Die Beobachtungsbedingungen des Halley'schen Kometen 1986 für  $40^\circ$  nördliche Breite. In Klammern ist die scheinbare Gesamthelligkeit angegeben.

Relativ am günstigsten war es noch Ende 1985. Der Komet stand östlich der Sonne, ging somit nach ihr unter und war am Abendhimmel zu sehen. Er hatte auch noch nördliche Deklinationen und stand verhältnismäßig hoch am Himmel. Leider war er zu dieser Zeit aufgrund seiner großen Entfernung noch kein auffälliges Objekt und konnte nur mit einem lichtstarken Feldstecher gefunden werden. Er näherte sich der Erde am 27. Nov. 1985 bis auf 93 Millionen

Kilometer, um sich bis 4. Februar 1986 wieder bis auf 233 Millionen Kilometer von ihr zu entfernen. Nur wenige Tage später (9. Februar) stand er im sonnennächsten Punkt seiner Bahn. Unglücklicherweise befand er sich aber gerade zu diesem Zeitpunkt von der Erde aus gesehen hinter der Sonne, sodaß er für alle Gegenden der Erde unsichtbar blieb. Nach seinem Periheldurchgang wechselte er auf die westliche Seite der Sonne und wurde damit am Morgenhimmel sichtbar. Gleichzeitig setzte er sich aber schnell nach Süden ab, sodaß sich die Beobachtungsbedingungen rapid verschlechterten. Die kürzeste Distanz zur Erde erreichte er dann am 11. April 1986 mit 63 Millionen Kilometer, doch war er um diese Zeit von unseren Breiten aus nicht mehr zu sehen. Nur einmal innerhalb der letzten 2200 Jahre lag seine scheinbare Bahn für die Nordhalbkugel noch ungünstiger und zwar bei der historisch so bedeutsamen Wiederkehr 1758/59.

Für die Wissenschaft ist der südliche Lauf des Kometen im Jahre 1986 freilich kein wesentlicher Nachteil, da heute auch die südliche Hemisphäre mit hochmodernen Sternwarten ausgerüstet ist (von den Raumsonden ganz abgesehen). Für alle diejenigen aber, die dieses „Jahrhundertereignis“ nicht erleben konnten, ist es kaum ein Trost, daß Halley im Jahr 2061 bei günstigeren Sichtbedingungen wieder kommen wird. Die wohl spektakulärste Vorstellung gab es im Jahr 837 n. Chr., als sich der Halley'sche Komet der Erde bis auf 6 Millionen Kilometer näherte



(1/10 der diesjährigen Distanz), an Helligkeit noch den Jupiter übertraf (der diesmal als Suchhilfe verwendet werden konnte) und einen Schweif entwickelte, der den halben Himmel bedeckte (93° Länge).

Eine Frage, die im Zusammenhang mit Kometenbahnen immer wieder gestellt wird, sei hier noch kurz erörtert, nämlich die Möglichkeit einer Kollision mit der Erde. Da die Masse eines Kometen sehr klein ist (Durchmesser des Kerns etwa 5 - 10 km), wird auch seine Bahn durch die Planeten gestört (besonders durch Jupiter als den größten Planeten) und langfristig etwas verändert; d. h. daß auch die Elemente, die die Bahn definieren (wie in Tab. 1 angegeben) zeitlichen Änderungen unterliegen. Vor allem dann, wenn ein Komet schon viele Umläufe um die Sonne absolviert hat, kann es durch Gravitationswirkung zu Auflösungen kommen, wobei es durchaus möglich ist, daß kleinere Fragmente auch in den unmittelbaren Nahbereich der Erde gelangen. Die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes mit einem noch intakten Kometen ist aber sehr gering. Nach Berechnungen sollte im Mittel nur alle 50 Millionen Jahre ein Treffer zu erwarten sein. So raste in den frühen Morgenstunden des 30. Juni 1908 ein riesiger Feuerball über den Himmel der sibirischen Tunguska und löste eine gewaltige Explosion aus: Im Umkreis von 2000 km<sup>2</sup> wurden die Wälder verwüstet (was etwa der Größe Vorarlbergs entspricht) und Tausende von Bäumen gingen in Flammen auf. Zahlreiche Seismographen

auf der ganzen Welt registrierten das Ereignis und viele meteorologische Stationen verzeichneten ungewöhnliche atmosphärische Erscheinungen (wegen der starken Staubanreicherung). Erst 21 Jahre später traf eine Expedition in diesem Gebiet ein und stellte die gewaltigen Verwüstungen fest. Eine sorgfältige Rekonstruktion des Ereignisses liefert als plausibelste Erklärung einen Kometenrest mit etwa 50 m Durchmesser und einer Masse von rund 100.000 Tonnen.

## **II. PHYSIK DER KOMETEN**

Über die Natur der Kometen gab es lange Zeit nur Spekulationen. Die Auffassung von Aristoteles, es handle sich dabei um „Ausdünstungen“ der Erdatmosphäre hat sich bis zum Beginn des 17. Jhdt. erhalten. Mit der Kopernikanischen Wende gelang Tycho Brahe durch Entfernungsmessungen auch der Nachweis, daß die Kometen wesentlich weiter entfernt sein müßten als der Mond. Ende des vergangenen Jahrhunderts ermöglichte die Spektroskopie erste Aussagen über die chemische Natur der Kometen. 1986 schließlich war es erstmals möglich, Kometen mit Hilfe von Raumsonden zu erforschen. Kometen bestehen aus einem festen **K e r n**, der in Sonnennähe eine Gashülle die sog. **K o m a** ausbildet. Kern und Koma werden als Kometenkopf bezeichnet. Die auffälligste Erscheinung ist freilich der, oft über 100 Millionen Kilometer lang werdende **S c h w e i f**, der immer von der Sonne abgewandt ist. Dieser

Schweif ist meistens in 2 Komponenten aufgeteilt: den Gas- und den Staubschweif (Abb. 4). Da Koma und Schweif Verdampfungsprodukte des Kerns sind, werden sie umso eindrucksvoller je mehr sich der Komet der Sonne nähert.

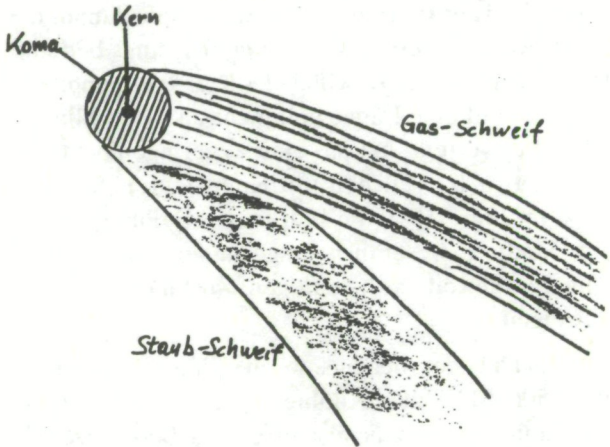


Abb. 4: Schematischer Aufbau eines Kometen.

Der Staubschweif besteht aus kleinen Staubpartikeln (Silikaten) in der Größenordnung von 1 Mikron ( $1/1000$  mm), die das Sonnenlicht streuen und kann visuell gut beobachtet werden. Im Gegensatz dazu leuchtet der Gasschweif im blauen und ultravioletten Licht und ist daher für das Auge wenig auffallend, läßt sich aber mit geeigneten Fotoplatten gut fotografieren.

Spektroskopisch kann man nachweisen, daß der Gasschweif ausschließlich aus Ionen (geladenen

Atomen, Molekülen und Radikalen) besteht und zwar vorwiegend aus folgenden:  $\text{CO}^+$ ,  $\text{CO}_2^+$ ,  $\text{OH}^+$ ,  $\text{N}_2^+$ ,  $\text{CN}^+$ . Das  $\text{CN}^+$  (Cyan) ist insofern interessant als es bei der letzten Wiederkehr des Halley'schen Kometen im Jahre 1910 für Panikstimmung sorgte, da es Bestandteil der Blausäure ist und die Erde damals den Gasschweif passierte. Wenn man allerdings bedenkt, daß nur ein winziger Bruchteil des Kerns verdampft und sich dann auf eine Länge von mehr als 100 Millionen Kilometer verteilt, hat das eine so geringe Dichte zur Folge (etwa 10 Teilchen pro Kubikzentimeter), daß selbst im Jahre 1910 die Luft in den Ballungsräumen von Städten wesentlich ungesünder war als der Kometenschweif; von heutigen Zuständen ganz zu schweigen.

Die Koma bildet sich aus, wenn sich der Kern bis auf etwa 500 Millionen Kilometer der Sonne genähert hat; dann beginnen die festgefrorenen Substanzen des Kerns zu verdampfen, bzw. exakter gesagt, zu sublimieren. Diese Sublimationsrate wächst schnell bei weiterer Annäherung an die Sonne und die sublimierten, n e u t r a l e n Gase strömen vom Kern weg und bilden einen wachsenden, sphärischen Halo um diesen. Die Koma wird nach außen immer dünner und es ist schwierig, ihr eine genaue Größe zuzuschreiben. Typische Durchmesser streuen von 10.000 km bis 1 Million km. Eingebettet ist die Koma in eine Wolke neutralen Wasserstoffes.

Abb. 5 zeigt schematisch den Aufbau einer Koma, der

sich äußerst komplex gestaltet. Die häufigsten Bausteine der Koma sind H, O und C.

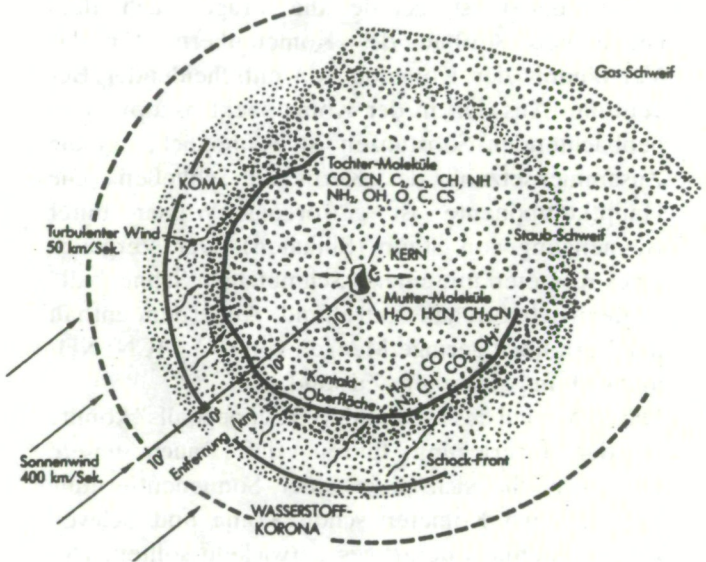


Abb. 5: Modell eines Kometen.

Urheber für Koma und Schweif ist der Kometenkern. Bei einem Durchmesser von nur wenigen Kilometern wäre er völlig unscheinbar, würde er nicht in Sonnennähe aktiv werden und dadurch erst zu jenem Aussehen führen, das wir unter einem Kometen verstehen. Diese Aktivität wird durch den sog. Sonnenwind verursacht, einer geladenen Partikelstrahlung der Sonne. Der Kern selbst ist kaum zu beobachten, da er in Sonnenferne zu lichtschwach ist

und in Sonnennähe (und damit allgemein auch in Erdnähe) durch die ihn verhüllende Koma unsichtbar bleibt; dabei ist gerade die Frage nach dem chemischen Aufbau des Kometenkerns für das Verständnis der Kometen von entscheidender Bedeutung. Aus den in der Koma spektroskopisch zu beobachtenden Substanzen ist es möglich, auf die Zusammensetzung des Kerns zu schließen. Die Hauptkomponente ist gefrorenes Wasser unter Beimengung von Staub (Silikaten). Der Vergleich eines Kometen mit einem „schmutzigen Schneeball“ ist demnach durchaus zutreffend. Außerdem enthält der Kern noch geringe Mengen von  $\text{CO}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{NH}_3$  und  $\text{CO}_2$  in gefrorenem Zustand.

Dieses Modell des „schmutzigen Schneeballs“ könnte zu der Überlegung führen, daß auch unsere Gletscher, die sich ja in einer Sonnenentfernung befinden, wo Kometen schon Koma und Schweif zeigen, ebenfalls derartiges entwickeln sollten. Der entscheidende Unterschied liegt darin, daß die irdischen Gletscher durch die Erdatmosphäre gegen die energiereiche UV-Strahlung und durch das irdische Magnetfeld gegen den Sonnenwind geschützt sind.

Beim aktiven Kometenkern entweichen die sublimierten Gase mit einer Geschwindigkeit von einigen 100 m/s und reißen dabei die Staubteilchen mit. Ein junger Komet verliert auf diese Weise bei einer Sonnendistanz, die etwa der Entfernung der Erde entspricht, pro Sekunde einige 10 - 100 Tonnen. Bei

alten Kometen, die schon viele Male in Sonnennähe gekommen sind, ist diese Rate bis zu 100mal geringer. Durch diesen Materieverlust ist auch die Lebensdauer von Kometen begrenzt; im einzelnen hängt sie aber besonders von der Periheldistanz ab. Gerade bei kurzperiodischen Kometen kommt es vor, daß sie nach wiederholten Umläufen keinen Staubschweif mehr entwickeln. Ein Beispiel dafür ist der Komet Encke, der mit einer Umlaufszeit von 3,3 Jahren einer der kürzestperiodischen Kometen ist. Bei Halley haben verschiedene Untersuchungen zu dem Ergebnis geführt, daß er wohl schon 2300 Umläufe hinter sich gebracht hat, was bei unveränderter Periode einem Zeitraum von etwa 175.000 Jahren entspricht. Er sollte sich noch einmal so viele Umläufe leisten können, bevor sein Gasvorrat aufgezehrt sein wird.

Als diese Arbeit geschrieben wurde, hatten die Raumsonden ihre Begegnung mit Halley bereits hinter sich, sodaß hier auch über erste Ergebnisse dieser spektakulären Raummission berichtet werden kann. Die große Bedeutung der Kometenforschung liegt — wie anfangs schon angedeutet — darin, daß es sich dabei um die ältesten Körper des Sonnensystems handelt. Dadurch ist es möglich, Aufschlüsse über die Bedingungen zu erhalten, unter denen sich Sonne und Planeten aus einer Gas- und Staubwolke formten, ja vielleicht sogar Hinweise auf die Entstehung von Leben; hat man doch bei den Meteoriten als den Überresten von Kometen zum Teil schon Amino-

säuren, also Bausteine des Lebens nachgewiesen (bei den Kohligen Chondriten).

Während sich Planeten und Monde in den Jahrmilliarden ihrer Existenz durch verschiedenste evolutionäre Prozesse (Erosion etc.) zum Teil stark veränderten, spiegeln die Kometen heute noch die physikalische und chemische Umwelt wider, die zur Zeit der Entstehung des Sonnensystems bestand.

Insgesamt waren 5 Sonden zu Halley unterwegs (zwei sowjetische, zwei japanische und eine europäische). Als erste erreichte die sowjetische Sonde VEGA 1 den Kometen am 6. März 1986 und passierte ihn in einer Entfernung von 10.000 km. Am 7. bzw. 8. März 1986 flogen die japanischen Sonden in Entfernungen von 10 Millionen bzw. 100.000 km an Halley vorbei. Am 9. März folgte dann VEGA 2 mit einer Distanz von nur 3.000 km. Die spannendste Mission sollte aber der europäischen Sonde GIOTTO vorbehalten bleiben, die sich in der Nacht vom 13. auf den 14. März dem Kometenkern bis auf 600 km näherte. GIOTTO durchquerte dabei die Koma mit der hohen Geschwindigkeit von 69 km/s, entsprechend 248.000 km/h. Bei derartigen Geschwindigkeiten wirken selbst kleinste Staubteilchen wie gefährliche Geschosse und es war notwendig, GIOTTO an der Stirnseite mit entsprechenden Schutzschilden zu versehen, um das ganze Unternehmen nicht von vornherein zu einem Kamikaze-Flug werden zu lassen.



Den Namen erhielt die europäische Raumsonde nach dem berühmten Florentiner Maler Giotto di Bondone, der auf einem Fresco in der sog. Arena-Kapelle in Padua (Capella degli Scrovegni all'Arena) im Jahre 1304 den Halley'schen Kometen, den er 1301 gesehen hatte, als Stern von Betlehem darstellte. Heute gibt es viele Hinweise dafür, daß es sich bei dem „Stern von Betlehem“ um keinen Kometen handelte, sondern um eine Konjunktion zwischen den Planeten Jupiter und Saturn. Berücksichtigt man den Fehler von 7 Jahren in unserer Zeitrechnung, so erschien der Halley'sche Komet immer noch 5 Jahre vor Christi Geburt.

Die Raumsonde GIOTTO hat jedenfalls ihre Mission bestens erfüllt. Dank der guten internationalen Zusammenarbeit wäre sogar noch eine kurzfristige Bahnkorrektur von GIOTTO möglich gewesen, hätten die beiden VEGA-Sonden, die nur wenige Tage vorher den Kometen erreichten eine zu hohe Staubdichte gemessen. Das erwies sich jedoch als nicht notwendig. Als sich GIOTTO dem Kometenkern näherte, wurden auf seinem Schutzschild bis zu 3000 Aufschläge pro Sekunde registriert. Die Datenübertragung funktionierte bis zu einem Kernabstand von 1500 km einwandfrei. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Sonde durch den Aufschlag eines größeren Teilchens ins Trudeln gebracht, sodaß der Funkkontakt unterbrochen wurde. Nach 20 Minuten gelang wieder die Stabilisierung mit Hilfe der automatischen Lageregelung; allerdings waren durch das

Staubbombardement verschiedene Experimente nicht mehr möglich.

GIOTTO war sehr vielseitig ausgerüstet, um die verschiedenartigsten Experimente durchzuführen. So u.a. mit einer Mehrfarbenkamera, mehreren Massenspektrometern für Ionen, neutrale Teilchen und Staub, Analyse-Geräten für Sonnenwind und Koma und einem Magnetometer. Wenn auch die genaue Auswertung des umfangreichen Datenmaterials noch viel Zeit in Anspruch nehmen wird, so können doch schon einige erste Ergebnisse (als Zusammenfassung aller Kometensonden) mitgeteilt werden. Der Kern hat die Dimension von etwa 15 x 8 km. Er ist extrem dunkel, sodaß man annehmen muß, daß die Oberfläche von einer festen Staubdecke gebildet wird, die an einigen Stellen vom Dampf der darunter geschmolzenen Eisschichten durchbrochen ist. Diese Annahme wird erhärtet durch den Umstand, daß die Ausströmungsaktivität eindeutig auf einzelne Stellen des Kerns beschränkt ist, während große Teile der Kernoberfläche inaktiv sind. In einer Entfernung von 4300 km vom Kern wurde die Ionopause festgestellt. Das ist die Grenzschicht zwischen der äußeren Koma, in der sich Sonnenwind und kometares Plasma vermischen und reagieren und der inneren Koma, in der sich ausschließlich kometare Materie befindet. Soweit einige erste Ergebnisse der Kometensonden.

### **III. URSPRUNG UND ENDE DER KOMETEN**

Die meisten der jährlich neuentdeckten Kometen

wurden bisher noch nie beobachtet. Das liegt an ihren Bahnelementen, denen Umlaufperioden bis zu einigen Jahrillionen entsprechen mit Apheldistanzen, die weit außerhalb unseres Planetensystems liegen. Das führte zu der Vermutung, daß unser Sonnensystem in großer Entfernung von einer sehr großen Anzahl von Kometen umgeben ist, von denen sich nur wenige infolge gravitativer Störungen der Sonnen nähern und damit beobachtbar werden. Entscheidende Untersuchungen darüber stellte Jan H. Oort an, der aufgrund der Bahndaten langperiodischer Kometen folgerte, daß sich in einer Entfernung von rund 1,5 Lichtjahren (das wäre etwa  $\frac{1}{3}$  der Entfernung bis zum nächsten Stern, aber immer noch im Gravitationsbereich der Sonne) eine ungeheuer große Zahl von Kometen (100 Milliarden bis 1 Billion) befinden sollte, die die Sonne in konzentrischen Bahnen umkreisen. Die Existenz einer solchen kometaren Wolke — auch als Oort'sche Wolke bezeichnet — ist durch zahlreiche, sehr gut bestimmte Bahnen gesichert. Die Umlaufperiode dieser Kometen beträgt etwa 10 Millionen Jahre. Durch den nahen Vorübergang von Sternen der Sonnenumgebung können die Bahnen vieler dieser Kometen entscheidend geändert werden. So etwas sollte sich im Durchschnitt einmal in rund 10 Millionen Jahren ereignen. Manche Kometen werden dabei auf hyperbolische Bahnen geworfen und verlassen unser Sonnensystem für immer. Andere werden auf elliptische Bahnen mit hoher Exzentrizität gelenkt

und können unter günstigen Umständen von der Erde aus beobachtet werden. Trotz der riesigen Anzahl von Kometen beträgt ihre Gesamtmasse nur 1/10 bis 1 Erdmasse.

Etwas schwierig ist es heute noch zu erklären, wie diese Kometenpopulation, die sich vor 4,5 Milliarden Jahren zusammen mit Sonne und Planeten durch Kondensation aus dem interstellaren Medium bildete, in diese Oort'sche Wolke und damit in eine so große Entfernung gelangen konnte. Man macht gravitative Störungen der Planeten Uranus und Neptun dafür verantwortlich, doch ist diese Frage noch nicht eindeutig geklärt.

Etwas präziser läßt sich heute das Ende der Kometen beschreiben. Wie schon angedeutet, verliert ein Komet bei jeder Annäherung an die Sonne etwas von seiner Materie (Gasvorrat) und wird damit nach sehr vielen Umläufen immer weniger aktiv. So zeigen sehr alte Kometen kaum mehr eine Schweifentwicklung, da die abnehmende Menge sublimierter Gase immer weniger Staub mit sich reißen kann, bis der Komet schließlich völlig ausgegast als poröser silikat- und kohlenstoffhaltiger Stein endet.

Häufig wurde auch beobachtet, daß Kometen, besonders bei sehr nahen Vorübergängen an der Sonne, in mehrere Teile zerbersten. Die Bruchstücke können sich weiter auflösen und schließlich auf die ganze Kometenbahn verteilen. Kreuzt diese Bahn die Erdbahn, dann kann die Erde in diese Wolke

kometarischer Fragmente eindringen und viele Partikel werden in der Atmosphäre verglühen und zu einem Sternschnuppen-Schauer führen. Tatsächlich lassen sich viele der bekannten Meteroströme mit Kometen assoziieren bzw. als deren Endprodukte erklären.

Viele Rätsel der Kometenforschung harren noch ihrer Lösung. Gerade in diesem Jahr wurde aber durch internationale Zusammenarbeit zwischen Ost und West demonstriert, daß „Erkenntnis“ wohl der schönste Lohn jeder Forschung ist. Möge also die Wiederkehr des Halley'schen Kometen, früher als Unglücksbringer gedeutet, in unserer heutigen, unruhigen Zeit zu einer neuen Kooperation führen, über Grenzen und Ideologien hinweg und Symbol sein für die Rückbesinnung auf geistige Werte.

#### **Quellen:**

- YEOMANS, D. K. (1983): The Comet Halley Handbook, An Observers Guide; Pasadena, Jet Propulsion Laboratory  
TAMANN, G. A., VERÓN P. (1985): Halleys Komet, Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Stuttgart

#### **Anschrift des Verfassers:**

Dr. Ernst Göbel  
Institut für Astronomie der  
Universität Wien  
Türkenschanzstraße 17  
1180 WIEN

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [126](#)

Autor(en)/Author(s): Göbel Ernst

Artikel/Article: [Was bringt uns die Wiederkehr des Halley'schen Kometen? 159-179](#)