

# Kosmische *Freiheitshelden*

## Das Leben der Kometen und ihre Bedeutung für Mensch und Erde

von Oliver Conradt

*An Waldorfschulen wird in der Mittel- und Oberstufe Astronomie unterrichtet. Der Mensch steht in einer Beziehung zum Kosmos. Der Astrophysiker Oliver Conradt bezeichnet Kometen als kosmische Freiheitshelden, denn Kometen haben eine eigenwillige Biographie, tun, was sie wollen, und enthalten lebensstragende Substanzen.*

**Comets are like cats; they have tails, and they do precisely what they want.**

*David H. Levy (\*1948), US-amerikanischer Astronom*

Man geht heute davon aus, dass sich die Kometenkerne während der Entstehungsphase des Sonnensystems vor 4,5 Milliarden Jahren in einer sehr kalten Region des protoplanetarischen Nebels gebildet haben. Insofern sind sie Zeugen dieser urfernen Vergangenheit und als solche konnten in den letzten 30 Jahren sechs Kometenkerne in aufwändigen Weltraummissionen eingehend untersucht werden. Dabei wurde klar: Kometen sind für den allergrößten Teil ihres Werdegangs durch den Raum ziehende Prozesse und nur in sehr eingeschränktem Maße feste Himmelskörper – eine Erkenntnis, die sich nahtlos an Beschreibungen von Rudolf Steiner aus dem Jahr 1921 anschließt, als er die Kometen in seinem dritten naturwissenschaftlichen Kurs aus geisteswissenschaftlicher Erkenntnis heraus charakterisierte. Die Astrophysiker von heute verfolgen in der Kometenforschung zwei Haupthypothesen: Die oben angedeuteten Kometenprozesse könnten dazu geführt haben, dass erstens das Wasser und zweitens weitere wichtige organische Moleküle als unabdingbare Bausteine für die Entstehung des Lebens auf der Erde aus den Fernen des Weltraums zu letzterer gelangen konnten. Und noch auf eine weitere Art zeigen die Kometen Leben: Sie sind dem Menschenleben insofern verwandt, als dass sie wie dieses einen Werdegang aufweisen. Einen Werdegang, der, vergleichbar dem in Freiheit lebenden Menschen, nicht bis in alle Einzelheiten vorherbestimmt und daher als Ganzes auch nicht berechenbar

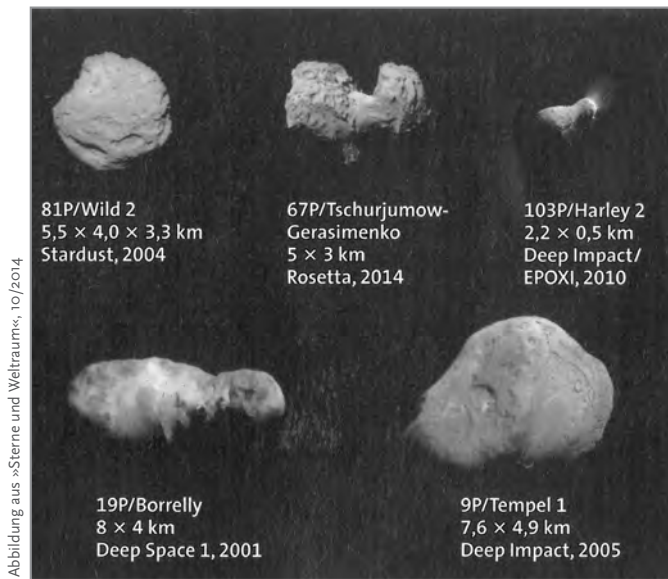
ist. Im Jahr 1986 wurde mit Hilfe der Raumsonde Giotto zum ersten Mal ein Kometenkernel aufgenommen. Kein Mensch hatte vorher diesen physischen Teil eines Kometen gesehen. Nicht kugelförmig, wie der Mond und unsere Planeten zeigte sich die Gestalt, sondern kartoffelartig mit einer Ausdehnung von 16 x 8 x 8 km (Kern des Halleyschen Kometen).

Für fotografische Aufnahmen müssen die Kometenkerne von Weltraumsonden angefliegen werden. Die erdgebundene Beobachtung – auch mit den größten Teleskopen – ist nicht möglich. Dafür sind diese Objekte zu klein und zu dunkel. Der Aufwand für die Erforschung der Kometenkerne ist sehr groß und entsprechend die Anzahl der bisher beobachteten Kerne gering. Nur fünf weitere konnten die Astrophysiker bis heute untersuchen. Alle zeigen die charakteristische unregelmäßig-seltsame Gestalt, gleichen einander kaum und weisen eine Ausdehnung in der Größenordnung von zehn Kilometern auf (*Abbildung S. 18*).

### Die Rosetta-Mission – ein Generationenprojekt

Zuletzt hat die Weltraumsonde Rosetta der europäischen Weltraumorganisation ESA den Kern des Kometen Tschurjumow-Gerassimenko zwei Jahre lang begleitet, aufgenommen und untersucht. Rosetta wurde am 2. März 2004 von der Erde aus in den Weltraum befördert und erreichte nach mehreren Swing-By-Manövern an Erde und Mars, nach dem Vorbeiflug an den Asteroiden Steins und Lutetia zehn Jahre später, d.h. am 6. August 2014 den Kometen Tschurjumow-Gerassimenko in einem Abstand von 100 Kilometern. Die ▶





Fünf der sechs bis heute von Astrophysikern aufgenommenen Kometenkern

- Begleitung des Kometen durch die Sonde Rosetta fand in einer Zeit statt, als Tschurjumow-Gerasimenko sich der Sonne annäherte, die Sonnennähe im August 2015 erreichte und sich dann wieder von der Sonne entfernte. Am 30. September 2016 wurde die Rosetta-Mission durch den gezielten Aufprall der Sonde auf dem Kometen beendet. Die Auswertung der von Rosetta gelieferten Daten wird noch schätzungsweise ein weiteres Jahrzehnt in Anspruch nehmen, so wie das ESA-Projekt auch nicht erst mit dem Start der Sonde 2004, sondern schon 1992 mit den Planungen und Vorbereitungen begonnen hatte. Damit ist dieses 1,3 Milliarden Euro teure Unterfangen ein Generationenprojekt unserer Gegenwart. Schon jetzt wissen wir, dass die Rosetta-Mission wichtige Ergebnisse geliefert hat:

- In Sonnennähe entströmen dem Kometenkern Gase wie Sauerstoff, Stickstoff und Wasserdampf. Letzterer allerdings mit anderen chemischen Eigenschaften als das Wasser unserer Ozeane.

- Mit Hilfe der Sonde fanden die Astrophysiker die Aminosäure Glyzin, einen Proteinbaustein, sowie Phosphor, einen zentralen Bestandteil der DNA und von Zellmembranen. Weiter stellten sie zahlreiche andere organische Verbindungen fest.

Damit verbunden ist die eigenartige Geste, dass Substanzen, die auf der Erde das Leben ermöglichen und tragen, von den Kometen aus den Weiten des Weltalls an die Sonne und damit die Erde herangebracht werden.

### Kometenprozesse

Die Missionen zu den sechs verschiedenen Kometenkernen seit 1986 haben viele neue Erkenntnisse zu Tage gefördert. Im Unterschied zu den Asteroiden enthalten die Kometenkern wenig mineralische Substanz und bestehen hauptsächlich aus zu Eis gefrorenen Gasen wie Wassereis, Methaneis, Ammoniak eis und Kohlendioxid eis (Trockeneis). Der Kometenkern ist kein monolithischer Eisblock, sondern eine lose, gravitativ gebundene Ansammlung von Eisbrocken mit Beimengungen von kleinen Staub- und Mineralteilchen. Der US-amerikanische Astrophysiker Fred Whipple (1906-2004) schlug im Jahr 1950 vor, die Kometenkern als »schmutzige Schneebälle« zu bezeichnen. Ursprünglich nannte er sie »icy conglomerate«. Wenn der Kometenkern, von den kühlen Weiten des Planetensystems kommend, auf seiner langgezogenen Bahn am Jupiterorbit vorbeigezogen ist, beginnt das Eis unter dem Einfluss der zunehmenden Sonnenwärme teilweise zu sublimieren, geht unter den kosmischen Bedingungen direkt in den gasförmigen Zustand über, befreit sich in die Umgebung des Kerns, reißt dabei Staubpartikel mit und bildet so zuerst die sogenannte Koma des Kometen. Der Durchmesser der Koma kann bis zur Größenordnung von 1 Million Kilometer anwachsen. In der Folge umgibt den Kometenkern und die Koma eine Wasserstoffhülle mit einem Durchmesser von bis zu 10 Millionen



Walter Kraul  
**Erscheinungen am Sternenhimmel**  
 Die Bewegungen der Gestirne beobachten und verstehen  
 Freies Geistesleben

Walter Kraul  
**Erscheinungen am Sternenhimmel**  
 Die Bewegungen der Gestirne beobachten und verstehen  
 4. verbesserte Auflage  
 134 Seiten, durchgehend farbig, gebunden  
 € 19,90 (D) | ISBN 978-3-7725-1975-8  
 www.geistesleben.com

### Eine lebendige Sternenkunde

Walter Kraul stellt alle wesentlichen Erscheinungen am Sternenhimmel anschaulich dar und macht es dem Betrachter leicht, Himmelsphänomene zu verstehen. Die astronomischen Besonderheiten werden so lebendig geschildert, dass der Leser neugierig wird und Lust bekommt, den Sternenhimmel zu beobachten. – Ein Buch sowohl für Jugendliche wie auch Erwachsene und für den Lehrer, der seinen Schülern die Himmelskunde nahe bringen möchte.

**Aus dem Inhalt:** 1. Der Fixsternhimmel: Wo sieht man die Sterne am besten? Bau einer Sternkarte | 2. Die Sonne: Die Sonne im Tierkreis. Der Erdschatten. Sonnenflecken. Nordlichter. | 3. Der Mond: Die Mondphasen. Wirkungen des Mondes | 4. Planeten, Kometen und Meteore | 5. Eine Sternenreise um die Erde: Steht die Sonne wirklich still? Auf der Reise zum Mond. u.v.m.

**Freies Geistesleben**

Kilometern. Bei der weiteren Annäherung an die Sonne – ungefähr beginnend mit der Marsbahn – wird ein Teil der Gase und Staubpartikel der Koma durch den Sonnenwind, den Strahlungsdruck der Sonne weiter hinausgeleitet. Plasma- und Staubschweif bilden sich auf diese Art. Sie erstrecken sich bis zu einer Länge von 100 Millionen Kilometern. Das ist eine Größenordnung, die dem Abstand von Sonne und Erde, also einer Astronomischen Einheit vergleichbar ist (Abbildung unten). Angeregt durch die Sonnenstrahlung leuchten der Plasmaschweif und die Gase der Koma auch teilweise selber. Nicht alles Licht, das vom Kometen abstrahlt, ist daher reflektiertes Sonnenlicht. Wenn der Kometenkern sich nach seinem Periheldurchgang (Sonnennähe) von der Sonne wieder entfernt, nimmt die Wirkung der Letzteren ab und die Prozesse, welche zur Koma- und Schweifbildung geführt haben, gehen stufenweise zurück. Die Aufnahmen der Kometenkern mit Hilfe von Raumsonden haben gezeigt, dass das Ausgasen nicht gleichmäßig über die gesamte Kometenkernoberfläche verteilt ist, sondern strahlenförmig als lokales Phänomen auftritt. Jeder Kometenkern rotiert um seine eigene Achse mit einer jeweils ▶

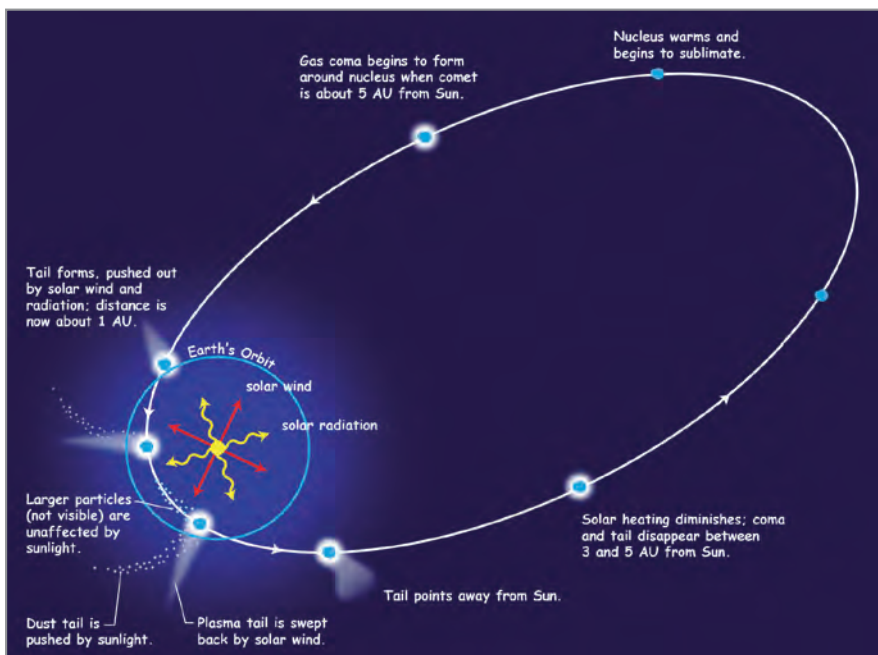


Abbildung: www.spaceplace.nasa.gov

Koma, Staub- und Plasmaschweif im Verhältnis zum Lauf des Kometen auf seiner langgezogenen Bahn um die Sonne



Nur wenige der vielen Kometen sind mit bloßem Auge am Nachthimmel sichtbar

Foto: M. Druckmüller, 2007

Abbildung: www.zam.fme.vutbr.cz

- für den Kometen und seinen Zustand charakteristischen Rotationsdauer. Dadurch ist ein bestimmter Ort auf der Kometenkernoberfläche für eine gewisse Zeit der Sonne zugewandt (»Tag«), für den Rest der Rotationsdauer der Sonne abgewandt (»Nacht«). Das Ausgasen tritt an den wenigen hellen Stellen der sonst schwarzen Kometenkernoberfläche dann auf, wenn die hellen Stellen der Sonne zugewandt sind. Die Gase dringen dabei, Staubpartikel mit sich reißend, strahlenförmig bis 15 Kilometer in die Umgebung des Kerns. Auf der sonnenabgewandten Seite bilden sich diese Jets während einer Rotationsperiode jeweils wieder zurück. Die hellen Stellen selbst sind Orte, wo die sonst schwarze Kruste des Kometenkerns aufgebrochen ist. Die fest ausgebildeten Kometenkerne sind von der Erde aus auch durch hochauflösende Teleskope nicht sichtbar. Dazu sind sie zu klein, zu weit entfernt und zu dunkel. Sichtbar von der Erde aus werden sie erst durch die Ausbildung ihrer Koma und des Schweifs. Die Wasserstoffhülle kann nur jenseits der Erdatmosphäre, zum Beispiel vom Hubble Space Teleskop aus, beobachtet werden. Daher ist gemäß den Erkenntnissen der Astrophysik all das, was gewöhnlicherweise als Komet bezeichnet wird – sein Kopf und sein Schweif – ein sichtbar gewordener, an die Wirkung der Sonne gebundener kosmischer Prozess.

Auch von den räumlichen Dimensionen her macht der fest ausgebildete Kometenkern nur einen sehr kleinen Teil der gesamten Kometenerscheinung aus. Nur schon die Koma ist

um bis zu 100.000 Mal größer als ihr Kern. Somit haben wir eine schöne Übereinstimmung der modernen Ergebnisse der Astrophysik und der Erkenntnis Rudolf Steiners, dass der Komet ein durch den Raum ziehender Prozess sei. Steiner hat im Januar 1921 im letzten Vortrag des Zyklus »Das Verhältnis der verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebiete zur Astronomie« den Kometen folgendermaßen beschrieben: Der Komet »ist gar nicht in demselben Sinn ein Körper wie der Planet. Er ist etwas, was fortwährend entsteht und vergeht, was vorne Neues ansetzt und hinten das Alte verliert. Er schiebt sich wie ein bloßer Lichtschein vorwärts, aber ich sage nicht, dass er ein solcher bloß ist«. Diese Schilderung passt zu den heutigen Erkenntnissen der Astrophysik. Und an diesem Beispiel kann man sich die intime Verbundenheit der anthroposophischen Geisteswissenschaft mit unserer Zeit zum Bewusstsein bringen.

### Die »Biografie« von Kometen

Kometen müssen entdeckt werden; ihr erstes Erscheinen ist einmalig und nicht berechenbar. Auf Johannes Kepler (1571-1630) geht der Vergleich zurück, dass es so viele Kometen am Himmel gebe, wie Fische im Meer. Und so wie die meisten Fische in den unsichtbaren Tiefen des Meeres schwimmen, so dringen auch nur wenige der vielen Kometen so weit in die Sichtbarkeit vor, dass sie mit bloßem Auge am Nacht-, Abend- oder Morgenhimmel zu sehen wären. Während bis 1900 etwa fünf bis zehn neue Kometen pro Jahr entdeckt

wurden, ist die Anzahl aufgrund der weiter entwickelten Beobachtungstechnik inzwischen auf über zwanzig pro Jahr angestiegen. Allerdings können nur die allerwenigsten davon ohne bewaffnetes Auge gesehen werden. Bei der Annäherung an die Sonne hellen sich die Kometen auf. Zuerst wird die Koma, der Kopf des Kometen, dann sein Schweif sichtbar. Der weißlich scheinende Staubschweif zeigt die für Kometen charakteristische Krümmung. Der bläuliche, meist fein leuchtende Plasmaschweif weist in jedem Bewegungszustand genau in die der Sonne entgegengesetzte Richtung. Bei der Entfernung von der Sonne bilden sich Schweif und Koma wieder zurück, bis sie ganz unsichtbar werden. Periodische Kometen bewegen sich auf langgestreckten Ellipsenbahnen. Wenn sie einmal entdeckt wurden, lässt sich über die Vermessung der Ellipsenbahn die Wiederkehr des Kometen vorausbestimmen. Die Bandbreite der bekannten Periodenlängen reicht von zwischen fünf und elf Jahren bei Kometen der Jupiter-Familie, die ihren größten Sonnenabstand (Aphel) in der Nähe der Jupiterbahn einnehmen, bis zu beliebig vielen Jahren bei den langperiodischen Kometen.

### »Freiheitshelden« des Kosmos

Kometen zeigen in ihrer Entwicklung immer wieder Überraschungen und Unvorhergesehenes. Dies gilt besonders für die Helligkeitsentwicklung von Schweif und Koma, jedoch auch für den Bahnverlauf und den Kometen als Ganzes. So können Kometen auseinanderbrechen oder bei der erwarteten Wiederkehr nicht mehr erscheinen. In der Geschichte der Kometenforschung konnte man beim Kometen Biela zum ersten Mal beobachten, wie dieser zum Jahreswechsel 1845/46 zerbrach, sich in der Folge ganz auflöste und zur Grundlage für einen neuen Meteorschauer, den Andromediden, wurde.

Insgesamt können wir festhalten, dass Kometen eine eigenwillige und fragile Entwicklung zeigen. Ihr erstmaliges Erscheinen ist unvorhersehbar, bei elliptischem Bahnverlauf folgt eine mittlere Zeit periodischer Wiederkünfte bis die Kometen sich früher oder später zu Meteorschwärmen auflösen oder zum Beispiel von Jupiter »verschluckt« werden. Die Kometenbahnen sind nicht an den Tierkreis gebunden.

### Komet als Bild für den Menschen

Vergleichen wir den Werdegang des Kometen mit dem Lebenslauf des Erdenmenschen, so können wir feststellen: Beide haben einen Beginn, dann einen Aufstieg, eine mittlere Zeit, einen Abstieg und zum Schluss ein Ende. Und was beim Menschen die Freiheit ist, das erscheint beim Kometen als unberechenbarer Verlauf, vor allem der Helligkeitsentwicklung von Schweif und Koma. Es ist daher gut nachvollziehbar, dass das Bild des Kometen auch dazu verwendet wird, Menschliches auszudrücken. Man spricht von einem »kometenhaften Aufstieg«, wenn eine Person eine glänzende Karriere hinlegt. In älteren Zeiten hat man die Kometen auch in Zusammenhang mit den Menschenseelen gebracht, die nach dem Tod die Erde verlassen und in die himmlischen Sphären aufsteigen. So schildert Ovid wie Caesars Seele nach seiner Ermordung »im gedehnten Strich nachziehend das flammende Haupthaar« als Stern glänzt. Wir begegnen hier auch dem ursprünglichen Sinn des Wortes »Komet«, was übersetzt so viel heißt wie »Haarstern«. ♦

**Zum Autor:** Dr. Oliver Conrath war Dozent an der Fachhochschule Basel sowie Oberstufenlehrer in Hamburg. Seit 2005 ist er Sektionsleiter der Mathematisch-Astronomischen Sektion am Goetheanum.

**Literatur:** G. Blattmann: *Das Rätsel der Kometen*, Stuttgart 1974  
R. Steiner: *Das Verhältnis der verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebiete zur Astronomie* (3. Kurs), Dornach 1997

Mensch und Komet haben einen Beginn, dann einen Aufstieg,

eine mittlere Zeit, einen Abstieg und zum Schluss ein Ende.