

Liebe Leserin, lieber Leser,

endlich einmal eine Kometenerscheinung! Sie tauchte auf, wie der sprichwörtliche Blitz aus heiterem Himmel. C/2020 F3 war erst Ende März vom *Wide-field Infrared Survey Explorer* (WISE) gesichtet worden. Am 1. April dann die Taufe des Neulings auf den Namen NEOWISE¹. Zwar kam C/2020 F3 nicht an C/1995 O1 (Hale-Bopp) heran, der als Großer Komet von 1997 für Schlagzeilen sorgte, trotzdem hatte NEOWISE einen beachtlichen Auftritt. Koma und Schweif waren zeitweilig mit bloßem Auge erkennbar. (Vom 9. bis zum 26. Juli war der Komet für Berliner zirkumpolar.) Im Feldstecher bot er lange noch einen erhebenden Anblick. Unvergessen, wie er in der Nacht vom 18. zum 19. Juli still an Talitha (ι UMa) vorbeizog. Am 23. Juli kam der Komet der Erde bis auf 103 Millionen Kilometer nahe.

Dass es eine bemerkenswerte Erscheinung werden würde, war nach dem Sonnenvorbeiflug am 3. Juli abzusehen. Den hatte der Himmelsgesell unbeschadet überstanden. Er kam der Sonne mit 43 Millionen Kilometern immerhin näher als Merkur. Kosmos-Boten-Leser erinnern sich vielleicht an das Schicksal des Kometen C/2019 Y4 (ATLAS). Der war nach dem Periheldurchgang von der Bildfläche verschwunden.

Für einen fragilen Kometenkern, dessen Bahn derart dicht an die Sonne heranreicht, sind die Tage gezählt. Jede Sonnenannäherung zehrt an der Substanz. Mit NEOWISEs Wiederkehr ist in ca. 6700 Jahren zu rechnen. Die Exzentrizität seiner Bahn wird mit 0,99921 angegeben. (Eine Parabel hat die Exzentrizität 1.) Der vorhergehende Periheldurchgang ereignete sich vor 4400 Jahren (also nach christlicher Überlieferung zur Zeit von Noahs Sintflut). Bei einer derart parabelnahen Keplerellipse reichen schon geringfügige Störungen aus, die Umlaufzeit um die Sonne drastisch zu ändern. Zwischen 6700 und ∞ ist praktisch kaum ein Unterschied. Hinzu kommen *n i c h t - g r a v i t a t i v e* Kräfte. Ein Komet ist kein passiver Himmelskörper. Er gast in Sonnennähe aus, was Koma und Schweif hervorruft, also das, was einen Kometen ausmacht, und wird durch den Rückstoß zu einer Art Rakete.

¹NEO steht für *near-Earth objects*.

Es sind diese nicht-gravitativen Kräfte, die Astronomen seit gut 200 Jahren zu schaffen machen. Kometen sind Individualisten, was sie, geht es um die Berechnung der einzuschlagenden Bahn, zu „unsicheren Kantonisten“ macht. Entdeckt wurde dieser anscheinend laxer Umgang mit den Gesetzen der Himmelsmechanik am Kometen 2P/Encke vor fast 200 Jahren. Dessen letzter Periheldurchgang war übrigens kürzlich – am 25. Juni. Er war zu diesem Zeitpunkt der Sonne näher als der sonnennächste Planet, der Merkur.

Möchten Sie mehr über „Encke & Co.“ erfahren? Dann lesen Sie weiter!
Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im August

Merkur ist am Monatsanfang, gute Sicht vorausgesetzt, noch nahe dem NO-Horizont in der Morgendämmerung zu sehen.

Morgenstern Venus geht am 13. August auf maximale Distanz zur Sonne. Fast 46° trennen dann die Halbvenus von der Sonnenmitte.

Mars steuert auf seine Opposition im Oktober zu und wird immer mehr zu einem Hingucker. Er ist bereits vor Mitternacht am Morgenhimmel zu sehen.

Jupiter und Saturn befinden sich noch in der Oppositionsphase, d. h., sie bewegen sich noch rückläufig bezüglich der Sterne des Tierkreises. Beide dominieren den Planetenhimmel nach Sonnenuntergang.

Das Perseiden-Maximum wird am 12. August in den Morgenstunden erwartet, was nicht heißt, dass man die Tage zuvor bzw. danach keine hellen Meteore dieses Schwarms zu sehen bekäme.

Encke und Encke

Der Sprung in der Umlaufzeit von NEOWISE von 4400 auf 6700 Jahre macht einen stutzen. Wie ist das möglich? Nun, so ein „Haarstern“ spürt auf seinem Weg durch die interplanetaren Gefilde nicht nur die Anziehungskraft der Sonne. Alles, insbesondere Großplaneten, aber auch Kleinzeug, sofern es ihm in die Quere kommt, zerrt gravitativ an ihm. Das gilt es zu berücksichtigen, was das Berechnen einer Kometenbahn zu einer Herkulesaufgabe macht. Einer, der sich darauf verstand, war Johann Franz Encke (1791–1865), ein

begnadeter Himmelsmechaniker und Rechenmeister. Er wirkte im thüringischen Gotha. Die Sternwarte auf dem Seeberg war damals, was man heute als ein Weltzentrum der Astronomie bezeichnen würde. Auf Betreiben Friedrich Wilhelm Bessels (1784–1846) wechselte Encke 1825 etwas zögerlich an die Berliner Sternwarte, deren Direktor er bis kurz vor seinem Tode war.

In die Zeit seines Direktorats fällt die medienwirksamste der Berliner astronomischen Entdeckungen: Am Abend von Enckes 55. Geburtstag, es war der 23. September 1846, fand sein Assistent Johann Gottfried Galle (1812–1910) unter Mitwirkung von Heinrich Louis d’Arrest (1822–1875) einen neuen Planeten, den Neptun. Den Hinweis, wo sich dieser am Firmament aufhalte, hatten sie von Urbain Jean Joseph Leverrier (1811–1877) am selbigen Tage mit der Post erhalten gehabt. Vor den beiden Berliner Astronomen hatte der französische Himmelsmechaniker den 8. Planeten des Sonnensystems „im Geiste“ gesehen gehabt. Neptun war am Schreibtisch entdeckt worden!

Das Auffinden des Encke’schen Kometen im November 1818 durch Jean-Louis Pons (1761–1831) fällt noch in Enckes Gothaer Jahre. Es war Encke, dem auffiel, dass es sich bei den Kometensichtungen von Pierre François André Méchain (1744–1804), Januar 1786, von Caroline Herschel (1750–1848), November 1795, und von Jean-Louis Pons, Oktober 1805, um den gleichen kurzperiodischen Kometen handelte. Damit war, nach Halley (1P/Halley), der zweite periodisch aufkreuzende Komet (2P/Encke) entdeckt worden. Wie im Falle des Halley’schen Kometen erhielt der Pons’sche Komet den Namen des Bahnberechners. (Der sprach selbst bescheiden immer nur vom „Pons’schen Kometen“.) Encke bestimmte Enckes Periode, 3,3 Jahre, und sagte mit Erfolg die Wiederkehr des Kometen für den Mai 1822 voraus. Seitdem ist jede Sonnenannäherung des Kometen – mit einer Ausnahme: 1944 – beobachtet worden. Encke war ein gemachter Mann.

Doch das ist nicht das Ende der Encke-Geschichte. Dass nicht-gravitative Kräfte auf Kometen wirken, wurde erstmals beim „Encke“ bemerkt – und zwar von Encke selbst, 1823. Die Umlaufzeit verkürzte sich *peu à peu*, von Periheldurchgang zu Periheldurchgang um ca. 2 1/2 Stunden. Diese Art von Beschleunigung war von Newtons Anziehungsgesetz nicht vorgesehen.

Encke schloss sich Heinrich Wilhelm Olbers’ (1758–1840) Meinung an, der vom Zodiakallicht² auf das Vorhandensein eines widerstrebenden Mediums geschlossen hatte, und „bereicherte“ flugs die Himmelsmechanik durch eine ihr wesensfremde Reibungskraft, die sich in Sonnennähe bemerkbar mache. Obwohl Enckes Theorie sich letztlich als falsch erwies, gab sie, was lehrreich³,

²Man muss das Zodiakallicht als Fortsetzung der F-Korona der Sonne betrachten.

³Die *ad hoc* Einführung einer Reibungskraft von frei wählbarer Stärke bedeutete ein

die Beobachtungen bestens wieder, und erlaubte zutreffende Vorhersagen für die Periheldurchgangszeiten zwischen 1825 bis 1858.

Wie spätere Untersuchungen zeigten, unterliegt die hypothetische Reibungskraft, falls überhaupt vorhanden, starken Schwankungen. Außerdem fand man zwei kurzperiodische Kometen, deren Umlaufzeiten sich verlängerten, was mit der Hypothese von einem widerstehenden Medium gar nicht zu vereinbaren ist.

Widerspruch kam aus Königsberg, und zwar von keinem geringeren als Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846). Bessel hatte u. a. beim Halley'schen Kometen (1835) in der inneren Koma Auströmungen – wie bei einer „brennenden Rakete“ – in Richtung Sonne gesehen und zeichnerisch festgehalten. Er schloss daraus, dass sich lediglich der Schwerpunkt aus Kometenkopf und Ausströmung nach den Keplerschen Gesetzen bewegen kann, nicht aber der Kometenkopf für sich allein betrachtet. Der Rückstoß ist offenbar jene nicht-gravitativ Kraft, die man beim Encke'schen Kometen erstmals bemerkt hatte. Mit seiner Repulsivkraft traf Bessel ins Schwarze. Dazu gleich mehr.

Der Provinzler ließ es sich nicht nehmen, dem Berliner Kollegen Nachhilfe in Sachen Erkenntnislogik zu geben. Er schrieb „Die Aufgabe, aus einer einfachen Erscheinung, welche bei ihrer Wiederkehr keine Abänderungen zeigt, die Ursache derselben zu finden, ist `u n b e s t i m m t` und man kann sie durch eine unbestimmte Anzahl physischer Hypothesen auflösen, ohne daß eine dieser Auflösungen, dadurch daß sie der Erscheinung Genüge leistet, vor den anderen, welche dieses mit ihr gemein haben, ein Gewicht erhalten könnte.“ Encke indes beharrte darauf, nur eine Reibungskraft⁴ könne, da diese tangential ansetze, eine Periodenänderung bewirken.

Wie stark sind die nicht-gravitativen Kräfte? Die Umlaufzeit des Halley'schen Kometen variierte, himmelsmechanisch bedingt, im letzten Jahrtausend zwischen 74 und 79 Jahren. Die nicht-gravitativen Einflüsse nehmen sich, verglichen damit, bescheiden aus. 1910 durcheilte Halley den sonnennächsten Punkt seiner Bahn am 20. April, vier Tage später als vorausberechnet.

Kerntheorie

Ein Kometenkern ist ein gefrorener „dreckiger Schneeball“, allerdings ein ausgesprochen dunkler nur, mit einer Albedo von wenigen Prozent, der bei

Mehr an Freiheit, die Encke benutzte, Diskrepanzen zwischen Messungen und theoretischen Erwartungen zu minimieren.

⁴Man stellte sogar eine Verbindung zum hypothetischen Äther her.

Annäherung an die Sonne sich erwärmt und ausgast. Wir sehen dann kaum den Kometenkörper⁵ – der im Falle von NEOWISE gerade einmal 5 km misst –, sondern eine ausgedehnte Koma und meist zwei Kometenschweife. Beim Ausgasen werden vom Gas, welches unmittelbar vom festen in den gasförmigen Zustand übergeht (sublimiert), feste Partikeln mitgerissen. Das freigesetzte Material, Gas und Staub, ist nicht allein der Gravitation unterworfen. Der Sonnenwind und der Strahlungsdruck⁶ der Sonnenstrahlen besorgen das Ausrichten der Schweife.

Der Vater der modernen Kometenforschung, Fred Lawrence Whipple (1906–2004), bezog sich um 1950, als er sein Modell eines Kometenkerns präsentierte, *expressis verbis* auf Enckes Kometen. Ihm ging es um eine physikalische Beschreibung der nicht-gravitativen Kräfte. Wie kommt es zu einer Kraftkomponente in Bewegungsrichtung, wenn das Ausgasen zeitlich symmetrisch zum Periheldurchgang erfolgt? Am Anfang steht eine Alltagserfahrung: Am heißesten ist es nicht, wenn die Sonne am höchsten steht! Ein *rotierender* Kometenkern macht die gleiche Erfahrung. Die thermisch getriebene Ausgasung an einem bestimmten Ort erreicht nicht am „Mittag“ ihr Maximum, sondern erst am frühen „Nachmittag“, und der Rückstoß hat eine Komponente in Bewegungsrichtung bzw. Gegenrichtung. Rotiert der Kometenkern im Bahnumlaufsinn kommt’s zu einer Verlängerung der Umlaufzeit, wie bei 1P/Halley, anderenfalls zu einer Verkürzung, wie bei 2P/Encke erstmals festgestellt.

Lässt man, wie Bessel sich 1836 überlegte, die Symmetrieforderung fallen, muss selbst bei einer exakt von der Sonne weggewandten Repulsivkraft die Bremswirkung beim Anflug nicht durch die Beschleunigung beim Abflug aufgehoben werden. Beim Halley’schen Kometen beispielsweise liegt der Höhepunkt der Gasfreisetzung einen guten Monat *nach* dem Periheldurchgang. Die Folge: Halley „gibt Gas“.

⁵Die Position des Kometenkerns exakt zu messen ist kein leichtes Unterfangen. Des Kerns Leuchten „ertrinkt“ in der Koma, und deren Leuchtschwerpunkt muss nicht mit der Lage des Kerns übereinstimmen.

⁶Die Bewegung der Staubteilchen lässt sich formal himmelsmechanisch fassen, indem man, abhängig von der Teilchengröße, mit einer reduzierten bzw. negativen (abstoßenden) Sonnenmasse rechnet. Das geht, weil der Strahlungsdruck, wie die Gravitationskraft, mit dem Quadrat der Entfernung von der Sonne fällt (sofern keine Abschattung durch das Schweifmaterial selbst stattfindet). Die Kernmasse ist vernachlässigbar. Allein Richtung und Betrag der Ablösegeschwindigkeit legen die Bahn eines Staubteilchens relativ zum Kometenkern fest.

Dank Observation aus nächster Nähe⁷ haben wir heute eine genauere Vorstellung von einem Kometenkern. (Von einem „Ball“ ist längst nicht mehr die Rede.) Entsprechend ausgefeilter sind die theoretischen Modelle. So erfolgt das Ausgasen bevorzugt an „aktiven“ Partien der Oberfläche durch Risse und Spalten. Diese wirken wie die Steurdüsen eines Raumschiffs. Sie beeinflussen, abhängig von der Aktivierung, Bewegung und Rotation eines Kometenkerns. Aber auch ohne Kenntnis der Details erlaubt die exakte astrometrische Vermessung einer Kometenbahn gewisse Rückschlüsse auf die Werte einiger Modellparameter. Damit wiederum lassen sich Vorhersagen machen. Ob der Komet sich danach richtet⁸, ist allerdings seine Sache.

⁷In lebhafter Erinnerung bleibt Giottos Stippvisite beim Halley'schen Kometen am 13. März 1986.

⁸Man kann auch mit einem falschen Modell die Vergangenheit befriedigend wiedergeben. Man muss bloß hinreichend viele freie Parameter als Stellschrauben zur Verfügung haben! Das ruiniert allerdings die Glaubwürdigkeit . . .