

S T E R N F R E U N D E - S E M I N A R
im Wiener Planetarium, März bis Mai 1980

D I E K O M E T E N
=====

Als Kurs - Adskript herausgegeben vom Astronomischen Verein zur Förderung der Amateurastronomie in Österreich, A-1090 Wien, Seegasse 8. - Wiedergabe, auch von Teilen, ist nicht gestattet.

- 1 Titelblatt und Inhaltsverzeichnis.
- 2 - 4 Ausgewählte Literatur zu Kometen. Ausstellung der Werke im Vorraum des Planetariums mit Möglichkeit zum Durchblättern.
- 5 - 7 Bemerkenswertes aus der Forschungsgeschichte der Kometen (Beate Hirn, Wien).
- 8 -10 Kurioses aus der Kometen-Chronik anhand von Kometenflugblättern des 17. und 18. Jahrhunderts (Wolfgang Valentin, Wien).
- 11-14 Katalog "Helle Kometen von -86 bis +1950" von H.Mucke.
- 15-18 Der "Isophotometrische Atlas der Kometen", Bd.1 und 2, von Högner-Richter (Renate Birnkraut, Wien).
- 19-20 Der "Atlas of Cometary Forms" von Rahe, Donn und Wurm; kurze physikalische Erläuterung der Erscheinungsbilder von Kometen (Christian Köberl, Mödling NÖ).
- 21-24 Meine "Schmidtkamera" als Kometenkamera (Jörg Schmiedmayer, Wien; mit Vorführung der Kamera).
- 25 Amateuraufnahmen von Kometen; Beobachtungsergebnisse. Mit Ausstellung der besten im "Sternenboten" beschriebenen Amateuraufnahmen von Kometen, vorzüglich aus Österreich.
- 26-28 Scheinbare und räumliche Kometenbahnen.
- 29-37 Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace, Methode von Stumpff-Herget (Robert Weber, Wien; mit Beispiel).
- 38 Die Bahn des Kometen P/Tempel I - Beispiel für eine sehr stark gestörte Kometenbahn (Univ.-Prof.Dr.Guntram Schrutka-Rechtenstamm, Wien).
- 39-40 Der "Catalogue of Cometary Orbits" von B.Marsden.
- 41-44 Die Helligkeit der Kometen.
- 45-46 Kometen-Helligkeitsparameter aus visuellen Beobachtungen (Wolfgang Vollmann, Pfaffstätten NÖ).
- 47-50 Kometenkerne (Alexander Pikhard, Wien).
- 51-53 Kometenfamilien (Michael Pietschnig, Wien)
- 54-60 Nichtgravitationelle Effekte an Kometen.
- 61 Aktuelle Kometenprobleme

Veranstalter: Wiener Planetarium (Wiener Urania, Verband Wiener Volksbildung) und Astronomischer Verein.- Leitung: Hermann Mucke.

Übersicht: Ausgewählte Literatur zu Kometen.

In der folgenden Liste sind facheinschlägige Werke genannt, die sowohl über die Geschichte als auch über den Stand der Kometenforschung bis herauf in die jüngste Vergangenheit orientieren.

Fast alle genannten Werke werden den Seminarteilnehmern nicht nur über das interne Fernsehsystem des Wiener Planetariums, sondern auch im Original vorgestellt; da es sich häufig um seltenere oder wertvollere Bände handelt, wird beim Besichtigen und Durchblättern um besondere Achtsamkeit und Schonung gebeten.

Darüber hinaus werden im weiteren Seminarverlauf bestimmte Werke ausführlicher und unter fallweiser Beigabe von Musterseiten erläutert werden.

1) Zur Einführung

K.Wurm, DIE KOMETEN. 53.Band der Reihe "Verständliche Wissenschaft". Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1954.

P.Veron und Jean-Claude Ribes, LES COMÈTES DE L'ANTIQUITE À L'ÈRE SPATIALE. Mit einem Vorwort von Charles Fehrenbach, Direktor des Observatoriums Haute-Provence. Hachette, 1979.

2) Zur Geschichte

E.Zinner, ASTRONOMIE, GESCHICHTE IHRER PROBLEME. Orbis Academicus, Problemgeschichten der Wissenschaft in Dokumenten und Darstellungen. Verlag Alber, Freiburg-München, 1951.

P.Pingré, COMETOGRAPHIE OU TRAITÉ HISTORIQUE ET THÉORETIQUE DES COMÈTES. L'Imprimerie Royale, Paris. 1783 (I), 1784 (II).

E.Biot, CATALOGUE DES COMÈTES OBSERVÉES EN CHINE DEPUIS L'AN 1230 JUSQU'À L'AN 1640 DE NOTRE ÈRE. CATALOGUE DES ÉTOILES EXTRAORDINAIRES OBSERVÉES EN CHINE, DEPUIS LES TEMPS ANCIENS JUSQU'À L'AN 1230 DE NOTRE ÈRE. Connaissance des Temps, Paris 1846.

J.Williams, OBSERVATIONS OF COMETS, FROM B.C.611 TO A.D.1640, EXTRACTED FROM THE CHINESE ANNALS. London 1871.

D.Hellman, THE COMET OF 1577: ITS PLACE IN THE HISTORY OF ASTRONOMY. Columbia University, Studies in the Social Sciences, Nr.510. AMS Press, New York 1944.

C.Classen, 15 KOMETENFLUGBLÄTTER DES 17. UND 18. JAHRHUNDERTS. Veröffentlichungen der Sternwarte Pulsnitz, Nr.11 (Die Sterne, 52/2,3, 1976).

Fortsetzung Übersicht: Ausgewählte Literatur zu Kometen.

3) Zur scheinbaren und räumlichen Bewegung

- C.F.Gauss, THEORIA MOTUS CORPORUM COELESTIUM, in sectionibus conicis solem ambientium. Göttingen 1809. Englische Übersetzung und Anhang von C.H.Davis, Dover Publications, New York 1963.
- G.Stracke, BAHNBESTIMMUNG DER PLANETEN UND KOMETEN. Verlag Springer, Berlin 1929. Dazu:
- J.Bauschinger, TAFELN ZUR THEORETISCHEN ASTRONOMIE, 2.Aufl., neu bearbeitet von G.Stracke. Verlag Engelmann, Leipzig 1934.
- K.Stumpff, HIMMELSMECHANIK. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin. I: Das Zweikörperproblem und die Methoden der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 1959; II: Das Dreikörperproblem, 1965; III: Allgemeine Störungen, 1974.
- S.Herrick, ASTRODYNAMICS. Orbit Determination, Space Navigation, Celestial Mechanics. Van Nostrand Reinhold Comp., London. 1971 (I), 1972 (II).
- B.Tapley and V.Szebehely, RECENT ADVANCES IN DYNAMICAL ASTRONOMY. Proceedings of the NATO Advanced Study Institute in dynamical astronomy held in Cortina d'Ampezzo, Italien, 9.-21.Aug.1972. Astrophysics and Space Library, Vol.39. D.Reidel Publishing Company, Dordrecht - Boston (USA), 1973.
- G.Schrutka-Rechtenstamm, DEFINITIVE BAHNBESTIMMUNG DES ERSTEN PERIODISCHEN TEMPEL'SCHEN KOMETEN. Annalen der Universitäts-Sternwarte Wien, Bd.27, Nr.6, 1968 und Bd.32, Nr.2, 1977. In Kommission bei Ferd.Dümmlers Verlag Bonn.
- B.Marsden, CATALOGUE OF COMETARY ORBITS, 3rd Edition. Central Bureau for Astronomical Telegrams, International Astronomical Union. Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, Mass., 1979.
- H.Mucke, HELLE KOMETEN VON -86 BIS +1950, Ephemeriden und Kurzbeschreibungen. Astronomisches Büro, Wien. 2.Aufl., 1976.

4) Zur Physik

- J.Holetschek, UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE GRÖSSE UND HELLIGKEIT DER KOMETEN UND IHRER SCHWEIFE. Besonders abgedruckt aus dem LXIII. Bande der Denkschriften der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. In Commission bei C.Gerold's Sohn, Wien. I: Die Kometen bis zum Jahre 1760, 1896; II: Die Kometen von 1762 bis 1799, 1904; III: Die Kometen von 1801 bis 1835 und auszugsweise auch noch die helleren bis 1884, 1913;

Fortsetzung Übersicht: Ausgewählte Literatur zu Kometen

IV: Die helleren periodischen Kometen, 1916; V: Die minder hellen periodischen Kometen, 1916.

N.Richter, STATISTIK UND PHYSIK DER KOMETEN. Barth, Leipzig 1954.

S.Vsekhsvyatskii, PHYSICAL CHARACTERISTICS OF COMETS. Gosudarstvennoe Izdatel'stvo Fiziko-Matematicheskoi Literatury, Moskva 1958. Translated from Russian, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1964. Dazu Supplementbändchen 1954-1960, Moskau 1966 und 1961-1965, Moskau 1967.

G.Chebotarev, E.Kazimirchak-Polonskaya and B.Marsden, THE MOTION, EVOLUTION OF ORBITS, AND ORIGIN OF COMETS. Symposium No.45, held in Leningrad, UdSSR, 4.-11.August 1970. D.Reidel Publishing Company, Dordrecht - Boston (USA), 1972.

G.Kuiper and E.Roemer, COMETS, SCIENTIFIC DATA AND MISSIONS. Proceedings of the Tucson Comet Conference. Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, USA, 1972.

B.Donn, M.Mumma, W.Jackson, M.A'Hearn and R.Harrington, THE STUDY OF COMETS. The Proceedings of IAU Colloquium No.25, held at Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA, 28.Oct.-1.Nov., 1974. NASA SP-393, Washington, DC, USA, I+II, 1976.

J.Rahe, B.Donn and K.Wurm, ATLAS OF COMETARY FORMS. Structures near the Nucleus. NASA SP-198, Washington DC, USA, 1972?

W.Högner und N.Richter, ISOPHOTOMETRISCHER ATLAS DER KOMETEN. J.Barth, Leipzig. Teil I: Kometen zwischen 1902 und 1956, 1969; Teil II: Kometen zwischen 1957 und 1974; 1979.

5) Zur Beobachtung

J.Classen, DIE TELESKOPISCHE BEOBACHTUNG DER KOMETEN. Veröffentlichungen der Sternwarte Pulsnitz, Nr.7 (Die Sterne,45,46; 1969,1970).

B.Marsden, CIRCULARS, Central Bureau for Astronomical Telegrams, IAU; desgleichen TELEGRAMS. Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, Mass., USA.

H.Mucke, DER STERNENBOTE, Monatsschrift für Österreichs Amateurastronomen. Astronomisches Büro, Wien; monatlich seit 1958.

A.Becvar, ATLAS COELI 1950,0. Sky Publishing Corp., Cambridge, Mass., USA. Lizenzausgabe der Erstveröffentlichung, Praha, ČSSR.

6) Zum Nachbargebiet Meteore und Meteorströme

A.Lovell, METEOR ASTRONOMY. Oxford, At the Clarendon Press, 1954.

Referat: Bemerkenswertes aus der Forschungsgeschichte der Kometen.

Aristoteles (-383 bis -321) hält die Kometen für Gebilde in der Lufthülle der Erde; Seneca (ca. -3 bis +65) berichtet in seinen "Naturalis Quaestiones" ausführlich und kritisch über die Kometen und überliefert die Ansichten zweier "Schüler der Chaldäer":

Epigenes hält die Kometen für "vom Wirbelwind in die Höhe gerissenes Feuer", nur mit dem Unterschied, daß die einen Wirbel von der Höhe sich auf die Erde niedersenken, die anderen dagegen von der Erde in die Höhe steigen". Dies widerlegt Seneca.

Apollonios von Myndos dagegen erklärt: "Der Komet ist ein eigenes Gestirn wie Sonne und Mond, von folgender Gestalt: Nicht zur Rundheit zusammengeballt, sondern gestreckt und in die Länge gezogen. Im übrigen eignet ihm keine sichtbare Bahn; er schneidet die höheren Regionen des Weltalls und erscheint uns erst dann, wenn er zu dem tieferen Verlauf seiner Bahn kommt". Dieser Ansicht schließt sich Seneca zum Teil an, hält aber die Kometen nicht für Gestirne, sondern "leichtes und unruhiges Feuer, das auf gerader Bahn durch das Weltall zieht".

Kometenerscheinungen von einiger forschungsgeschichtlicher Bedeutung:

837 P/Halley: Schweifrichtungsgesetz, wenn auch ohne Bezug auf die Sonne, erstmals in chinesischer Chronik erwähnt: "Abendkometen" mit Schweif nach Osten, "Morgenkometen" mit Schweif nach Westen.

1066 P/Halley: Helligkeit mit Venus und Vollmond verglichen. Frühe Kometendarstellung (auf dem Teppich von Bayeux).

1433 P/Halley: Erster der in der Chronik Toscanelli's genannten Kometen.

1472 Regiomontan: Chinesischer Bericht läßt auf Tagsichtbarkeit um den 21. Jan. 1472 schließen.

1531 P/Halley: Apianus formuliert klar Schweifrichtungsgesetz.

1577 Brahe: Tycho Brahe versucht die Messung der Parallaxe und findet die Entfernung des Kometen größer als die des Mondes.

1607 P/Halley: Kepler versucht die Bahn durch eine Gerade darzustellen.

1618 I Kepler: Erster mit einem Fernrohr beobachteter Komet.

1618 II: Erste teleskopische Kometenzeichnungen.

1680 Kirch: Erster mit einem Fernrohr entdeckter Komet. Erstmals Kometenbahn als Parabel mit der Sonne im Brennpunkt dargestellt.

1682 P/Halley: Eine der ersten Anwendungen von Newton's Methode der Bahnbestimmung aus drei Punkten (Halley); erste elliptische Kometenbahn und damit Entdeckung, daß es periodische Kometen gibt. Erstmals eine Wiederkehr (für 1759) vorausgesagt.

Fortsetzung Referat: Bemerkenswertes aus der Forschungsgeschichte der Kometen.

- 1759 P/Halley: Erster nach Vorausrechnung aufgefundener Komet.
- 1806 I P/Biela: Dieser Komet teilte sich 1846 in zwei komplette Kometen; bei Wiederkehr 1852 noch doppelt gesehen.
- 1823 De Breaute - Pons: Bedeutender zusätzlicher, der Sonne zugewandter Schweif, fast in gleicher Länge: "Wie M 31".
- 1835 III P/Halley: Bessel stellt die mechanisch-elektrische Theorie der Kometenschweife auf; aus diesen Grundlagen entwickelt 1879 Bredikhin seine "Mechanische Untersuchungen der Kometenformen".
- 1858 VI Donati: Farbwahrnehmungen (Seidel); erste photographische Aufnahme eines Kometen (Usherwood); erste Anwendung eines Photometers zur Kometenbeobachtung (Wöllersdorf, Müller). Dieser Komet wird in vielen Planetarien dargestellt.
- 1860 Italienischer Komet: Kern abwechselnd zentrisch - exzentrisch im Kometenkopf beobachtet (Secchi). Rotation?
- 1862 III Swift - Tuttle: Erste Anwendung der Polarimetrie (Nicol'sches Prisma) auf einen Kometen. Nachweis, daß Kometenlicht polarisiert ist (Murmman). Schiaparelli weist erstmals den Zusammenhang von Kometen und Meteorströmen nach: "Perseidenkomet". Erkenntnis, daß Kometen einem Auflösungsprozeß unterliegen.
- 1864 II Temple: Erster spektroskopisch beobachteter Komet (Donati, Huggins, Secchi). Nachweis reflektierten Sonnenlichtes sowie Nachweis von Kohlenstoff / Wasserstoff - Verbindungen (1868, Huggins).
- 1881 III Tebutt: Erstmals Cyanverbindungen in Kometen nachgewiesen (Huggins); detaillierte photographische Aufnahmen.
- 1882 I Wells: Erstmals Natrium in Kometen nachgewiesen (Vogel).
- 1882 II September-Komet: Durchgang eines Kometen vor der Sonne beobachtet (Finlay und Elkin: Wie ein vom Mond bedeckter Stern verschwindet, so verschwand der Komet am Sonnenrand.) Eisen, Nickel, Chrom und Natrium nachgewiesen. Gasselberg: Kometenphänomene durch Elektronen-Bombardement verursacht?
- 1907 Daniel: Helligkeitsschwankungen, die mit der Theorie von Bessel und Bredikhin nicht erklärbar sind.
- 1910 II P/Halley: Große, über 2000 Jahre unter Einschluß Neptuns von Cowell-Crommelin geführte Störungsrechnung; fast alle Wiederkehrer seit -239 behandelt. Dritte, mittels Störungsrechnung vorausberechnete Wiederkehr dieses Kometen, auf den später auch erstmals elektronische Rechenverfahren unter Einschluß eines nichtgravitationellen Terms angewandt wurden

Fortsetzung Referat: Bemerkenswertes aus der Forschungsgeschichte der Kometen.

(Brady-Carpenter; Kiang). Nach Durchgang der Erde durch den Kometenschweif am 19. Mai 1910 Beobachtung eines "Bishop'schen Ringes" um die Sonne; 28° Außenradius: Teilchengröße 0,0015mm.

Vsekhsvyatskii: Kometenphotometrie (Red.Helligkeit H_{10}): 1925.

1927 IX Schjellerup - Maristany: Komet in nur 5° Sonnenabstand am Taghimmel durch Rotfilter photographiert.

1948 XI Finsterniskomet: Neben der total verfinsterten Sonne am 1. Nov. 1948 aufgefunden.

Whipple'sches Kometenmodell (Astrophysical Journal, 1950)

und Oort'sche Kometenwolke (Bull. Astr. Inst. Netherlands, 1950).

1969 Tago-Sato-Kosaka: Kometenbeobachtung mittels Satellit; große Wasserstoff-Wolke um den Kopf bestätigt Whipple'sches Modell.

Isophotometrischer Atlas der Kometen (Högner-Richter), 1969.

Erster IAU - Bahnkatalog der Kometen nach Vorgang der Kataloge von Galle (1894), Baldet-Obaldia (1952) und Porter (1960), 1972.

Literatur

Helmleben, Kepler. Rowohlt 1971.

Mucke, H., Helle Kometen von -86 bis +1950. Astronomisches Büro, 1972.

Ribes, J.C. und Vèron, Ph., Les Comètes de l'antiquité à l'ère spatiale. Hachette, 1979.

Richter, N., Statistik und Physik der Kometen. J.A. Barth, 1954.

Beate Hirn

Wallensteinstr. 29/15

A-1200 Wien

Referat: Kurioses aus der Kometen-Chronik anhand von Kometenflugblättern des 17. und 18. Jahrhunderts.

Himmelserscheinungen - und hier natürlich besonders die Kometen - haben zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Menschen erregt. Egal, ob man wie im Altertum die Kometen als Produkte der Erdatmosphäre oder später dann als richtige Himmelskörper erkannte, man betrachtete sie als Wunderzeichen; nach Form, Farbe und Erscheinungsort am Himmel wird auf ihre Bedeutung geschlossen, in Verzeichnissen werden sie mit besonderen Ereignissen und mit der Ankündigung von Unheil und Schrecken verbunden.

So berichten Chroniken, daß im Jahr

- 39 der Tod des Tiberius durch einen Kometen verursacht,
- 69 die Zerstörung Jerusalems durch einen Kometen angekündigt worden sei;
- 336 dieser Komet den Tod Konstantins des Großen bedeutet habe;
- 1477 ein Komet erschien "daruff war der stolze Karl von Burgunt bei Nancy erschlagen" oder daß
- 1531, 1532 und 1533 Kometen waren, "dazumal brütete der Satan vollend die Wiedertäufer aus".

Immer wieder betrachtete man die Kometen als Warnung Gottes, als Drohung und Mahnung zur Buße, wobei das Aussehen des Kometenschweifes als Rute interpretiert wurde.

Die alten Chroniken verdienen aber auch hinsichtlich ihres sonstigen Berichtsinhalts einige Skepsis; so findet sich beispielsweise die Nachricht, daß sich "1297 ein Komet zeigte, als König Adolf getötet wurde und die Sonne im Löwen stand", da stimmt aber weder weder Todesdatum noch Sonnenstand.

Kometenflugblätter sind eine besondere Form der Kometenchronik, die als Vorläufer unserer Zeitungen angesehen werden können. Solche Dokumente aus dem 17. und 18. Jahrhundert finden wir in einer Sammlung der Sternwarte Pulsnitz/Sachsen zusammengestellt, die kulturell und astronomisch von Interesse ist und einen Einblick in die damalige Geisteshaltung und den herrschenden Aberglauben eröffnet. Wir finden hier zunächst Abbildungen nichtastronomischer Himmelserscheinungen: Sonnenhalo mit Nebensonnen, Mondhalo und Nordlicht (fraglich, Beschreibung verlorengegangen) und dann die eigentlichen Kometenschriften und Kometenabbildungen:

1. 1652 Hevelius

Darstellung der Kometenposition an drei verschiedenen Tagen

Abbildung und Beschreibung des wunderwürdigen unvergleichlichen Cometen.

Der erstmals zu Anfang des Wintermonats vor Aufgang der Sonnen erschienen / und anjetzt nach derselben Untergang sich entseztlich sehen lässet.



Man findet sowohl in Heiliger Schrift/ als auch andern glaubwürdigen Historien/ daß so oft der Allmächtige GOTT die Sünden einiger Erd-Einwohner/ zu bestrafen/ sich entschlossen; Er solches zuvor/ aus mildväterlicher Langmut entweder durch wahre Propheten/ oder entseztliche Wunder ankünden lassen: Hat sothane Warnung ge-fruchtet / und ist eine eisnerige Buß und Bekehrung erfolgt/ so ist auch die an-gedrohte Straffe abgewendet / im widrigen aber/ unsehtbar vollzogen worden.

Wann nun von einigen Jahren her der erjornete und darben gütige GOTT durch Erdbeben / unterschiedliche Cometen / und andere mehrfältige ungewöhnliche Zeichen / denen in Sünd und Lasten klundersoffenen Menschen / ihre wol-verdiente annahende Jammer-Plagen zur Genüae anmeldet / auf hinterbliebene Besserung aber / durch verderbliche Krieger / Sterben / und anders Elend / (wie man leyder mehr als zu viel erfahren) eytergrimmig ergehen lassen.

Als hat Er nun abermalt an dem hohen Himmel / eine erschrockliche Fackel / Ruthe und Schwert / zu einer gütigen Warnung / für den annoch bevorstehenden Unglück aufgesetzt; Damit weiln je alles vorige im Wind geschlagen worden / dieser grausame söchterliche / wegen seiner Gestalt und Lauffes / von denen Gestirn-Erfahrenen unvergleichlich bewunderte Comet / einige Entseztung und Veränderung in den Sünd-verstöckten Gemüthern auswürdet / und die nunmehr abgeurtheilte Sünden / Straffen / durch heylliche Reue und Buß / zurükt gezogen werden möchten.

Es ist aber dieser wunderwürdige unvergleichliche Comet / allhier und auch anderer Orten / das erste mal / in dem Zeichen des Löwen / worinnen sich auch damalt der Kriegs-Planet Mars befunden / unter des Löwen Herz-Stern / an dem Zodiaco oder Thier-Kreisse und Planeten / Wege Südwerts streichende / sodann folgender Tagen in dem Zeichen der Jungfrauen / Anfangs / ohne hernach den 12. Novembris mit einem immer zunehmenden / doch wegen andröhenden Tages schwachlichten Schweiffe gesehen worden; ist hierauf wegen seiner Annäherung zur Sonnen / als auch eingefallenen trüben Wetters / unserm Gesicht entwichen / und so lang unsichtbar geblieben bis er endlich / nach dem er die Sonne überlaufen / und sich aus deren Glanz erlediget / auch die Lust sich wieder ausgehellen den 16. (26) dieses innschenden Christmonats / bey angehender Nacht / mit einem sehr langen blaßweißen Schweiff / ganz prächtig hervor gedrohen / und sich denen Erd-Einwohner / als ein Nach-Schwert / und Jörn-Ruthe des Allerhöchsten GOTTES / entseztlich vor Augen gestellt / hat sich damalt befunden / in dem ungebildeten Zeichen des Steinbocks / zwischen der Sonnen-Straffen und Welt-Gürtel / unter des Adlers Knaben auf dem Altar; Zeithor / hat er seinen vorher denen andern Planeten gleich / gestübten Lauff / mit großer Verwunderung der Stern-Erfahrenen dergestalten geändert / daß er nicht allein rückgängig worden / sondern auch sich immer höher gegen Norden erhebt / auch bereits die Tag und Nacht gleichende Linie überfliegen / und da er wie bisher geschehen / also fortfahren solte / uns bald verri-

cal werden / oder über das Haupt kommen dürfte. Er hat nunmehr von seiner ersten Erscheinung an / den Löwen / Jungfrau / Waag / Scorpion / Schützen / auch mehrentheils des Steinbocks / und also sechs Zeichen / ja dergestalten den halben Himmels-Bezirck durchgelauffen / und wird seine jetzig vier und zwanzig stündige Bewegung über drey Grad vermerket. Von der wahren Größe / so woln seines Körpers als Schweiffes / ist darun / weiln seine Höhe nicht eigentlich bewußt / nichts unsehtbar Gewisses zu gedenken. Es ist aber gleichwoln aus unterschiedlichen denen Sternkundigen bekanneten Ursachen zu vermuthen / daß er höher als die Sonne stehen / auch daher / ob er schon unsern Augen kaum als ein Stern der dritten Größe vorkommet / derselben in der Größe nichts bevor gehen möchte / und wird also wann man den Bezirk seines Körpers / auf mehr als tausend / die Länge des Schweiffes aber / auf etlich mal hundert / tausend Deutsche Meilen schätzt / nichts der Wahrheit Ungemäßes begangen. Hingegen aber irren die jenige / so da fürgeben / daß der Schweiff welcher auf sechzig Grad lang anzusehen / und deren Eins auf unserer Erden gerechnet fünfsehten Meilen gibt / auf tausend Meilen lang seyn müsse; dann weiln augenscheinlich bewußt / daß unser Wohnhaus diese Erdkugel / gegen den unmaßlich weiten Umkreis der Planeten / und anderer höherer Gestirne kaum vor ein kleines Pünctlein zu achten / und die auf Erden 15. Meilen lange Graden / sich auf viel tausend ja hunderttausend vermehrfältigen / so muß auch der Comet als ein in bergleichen Kreis stehendes Gestirn / nicht aber als ein auf Erden kriechender Wurm betrachtet / und seine Größe berechnet werden.

Der allergrößte H E R R / der uns dieses große Warnungs-Zeichen von den hohen Himmel leuchten lässet / wolle unser aller Herzen und Gemüter dergestalten regieren und führen / daß wir in Herzens-Reue / wahrer und beständiger Bußbekehrung / Ihme mit eyserbrünstigen Gebet demütig zu Fußten fallen / und die durch diesen Cometen angebrohete schwere Straffen abbitten und abwenden mögen; Wollen daher mit folgenden Sonnet schließen.

Süß / Lust / Laster-voller Sünder! willst du nicht von Scham erröthen / so erbleiche nun aus Schrecken! Sib' auf / wie dich übersezt / diese bleiche Feuerkette; blick an / wie der Löschste zeigt / deiner Sünden Strafferuthe; merck wie von dem Kriegs-Planet kommt ein Schwert auf dich gelauffen; Schau den grausamen Cometen / der mit bläßen Todtsstrahlen / von dem hohen Himmel leucht / der mit gleichlos-langem Schweiffe / in die Todtgestirne reicht: Ach es redet ohne Rede / GOTT durch diesen Straff-Propbeten / Raub / Schwert / Gift stehen fertig / dich O böser Mensch zu schlagen mit Krieg / Armut / Krankheit / Sterben / und mit allen Jammer-Plagen / wann du wirst verstockt beharren / in den Lasten ohne Reue; wirft du aber dich bekehren / und mir Letzt und Schmerzens-Reue / von dem Sündentodt ausleben / so kanst du Vergebung hoffen / dann die Thür der Gnaden GOTTES / siehet dir noch immer offen.

Fortsetzung Referat: Kurioses aus der Kometen-Chronik

und vergrößerte Abbildung des Kometen. Interessant ist die Datumsangabe im julianischen und gregorianischen Kalender.

2. 1661 Hevelius

Der Kometenort wird innerhalb einer figürlich betonten Gruppe von Sternbildern gezeigt und dazu die für diese Darstellung charakteristische Erläuterung beigelegt:

Bedeutung der Cometen insgesamt:
samt beigelegtem Trost für die
frommen.

Cometen waren ieder Zeiten
Zornbotten Gottes, und bedeuten
Wind, Theurung, Pest, Krieg, Wassersnoht,
Erdbidem, Endrung, Fürstentodt.
Solt aber drum der Fromm verzagen?
Nein, sonder, mit vertrauen sagen:
Wan Erd und Himmel braechen eyn,
wird Gott mein Port und Anker seyn.

3. 1680 Kirch (siehe beigelegte Reproduktion vom Original 371x264mm)

Fünf Blätter über diese prächtige Kometenerscheinung liegen vor. Bemerkenswert, daß trotz schon einigermaßen fundierter astronomischer Kenntnisse (Fernrohrbeobachtung, Kenntnis über Raumbahn/Dörffel) der Kometenaberglaube seine Hochblüte erlebt. Eines der Bilder zeigt neben dem genauen Positionsverlauf auch präzisere Angaben über die variablen Schweiflängen.

4. 1682 P/Halley

5. 1744 Klinkenberg

Die Fortschritte, welche die Astronomie in den letzten Jahrzehnten gemacht hat, sind aus dieser Abbildung erkennbar; die dargestellten Personen erscheinen frei von jeder Furcht. Das heliozentrische System hat sich durchgesetzt, die Kometenbahnen sind als Kegelschnitte erkannt und bekannt.

6. 1769 Messier

Drei Blätter geben Nachricht über diesen Kometen, davon das erste Blatt wieder mit genauer Positionsangabe.

Nach dieser Zeit wurden dann nur mehr vereinzelt solche Kometenflugblätter herausgegeben.

Literatur:

Classen, J., Veröffentlichungen der Sternwarte Pulsnitz, Nr.11;
Sonderdruck aus "Die Sterne", 52/2 und 52/3 (1976).

Ausgestellt ist das Original eines Flugblattes über den Kometen
1680 Kirch (426x486mm).

Wolfgang Valentin
Argentinierstraße 35
A-1040 Wien

Referat: Katalog "Helle Kometen von -86 bis +1950" von H.Mucke

Dieser Katalog ermöglichte es erstmals, helle Kometenerscheinungen aus zweitausend Jahren für Zwecke der astronomischen Phänomenologie nach Ort und Erscheinungsbild zu beschreiben und dies zur Lösung von Anblick-, Datierungs- und Ortungsproblemen zu verwenden. Es sind 145 Kometenerscheinungen behandelt, die zwischen -86 und +1950 in mindestens $+3^m$ Gesamthelligkeit beobachtet wurden und deren Elemente samt reduzierten Helligkeiten ausreichend verlässlich abgeleitet werden konnten. 1.Auflage 1972, 2.Auflage 1976. Astron.Büro, Wien.

Inhalt

Für jeden Kometen ist gegeben: Elemente; ekliptikale, gradgenaue, geozentrische Ephemeride mit Sonnenort für Mittag UT und ein Äquinoktium innerhalb der Freisichtigkeit; Beobachtungszeitraum; scheinbare Kopf- und Schweifdaten für den Zeitraum der Freisichtigkeit. Ferner finden sich astronomiegeschichtlich bemerkenswerte Tatsachen angeführt, die mit der betreffenden Kometenerscheinung in Zusammenhang stehen. Die Ephemeriden wurden Punkt für Punkt direkt aus den Elementen gerechnet und bieten neben den Abständen Komet - Sonne bzw. Erde (r, d) auch die rechnerische scheinbare Gesamthelligkeit \bar{m} nach

$$\bar{m} = H + 5 \cdot \log d + 10 \cdot \log r \quad ,$$

womit auf den freisichtigen Bereich begrenzt wurde. Der Fachmann wird diese \bar{m} natürlich, besonders bei kleinem d bzw. r , entsprechend vorsichtig einschätzen; es hat sich aber herausgestellt, daß \bar{m} die beobachteten Helligkeiten meist innerhalb einer Größenklassen richtig wiedergibt. Das Ephemeridenintervall ist der scheinbaren Winkelgeschwindigkeit des Kometen im Bereich von 1 bis 16 Tagen nach Potenzen von 2 so angepaßt, daß die Bahnbögen zwischen 2 Punkten 25° nur dann überschreiten, wenn auch das 1 Tag - Intervall noch zu groß ist. Die Ephemeriden brauchen daher meist nicht interpoliert zu werden, was die Benützung recht vereinfacht.

Ekliptikpolare Himmelskarten (Berücksichtigung der Präzession)

Der Katalog enthält 2 ekliptikpolare Himmelskarten mit Sternengrenzgröße $+3,5^m$ visuell, in denen das äquatoreale Netz naturgemäß krummlinig erscheint; ekliptikale Längen können nach Polarwinkel, Breiten nach Radius, $1^\circ \approx 0,88 \text{mm}$, samt Ekliptikpol und Frühlingspunkt auf ein Blatt Transparentpapier gezeichnet und so auf die betreffende Karte gelegt werden, daß sich die beiden Frühlingspunkte und Pole decken. Dann kann man äquatoreale Koordinaten für das Kometenäquinoktium ablesen, aber die Sternkulisse liegt unrichtig! Dreht man nun das Transparentpapier so, daß sich die beiden Pole weiterhin decken,

Fortsetzung Referat: Katalog "Helle Kometen von -86 bis +1950" ...

aber der Frühlingspunkt auf dem Transparentpapier an der kurzen Ekliptikskala das Kometenäquinoktium anzeigt, so können äquatoreale Koordinaten für Äquinoktium +1950,0 abgelesen werden. Jetzt liegt die Sternkulisse richtig und kann mit der Kometenbahn verbunden werden.- Trotz äquidistanter Polarprojektion sind die Karten genügend winkeltreu, um mit dem ebenfalls einzutragenden Sonnenort den Großkreis Sonne-Komet und damit die Schweifrichtung gegenüber der Sternkulisse abschätzen zu können. Auch die Sichtbarkeitsverhältnisse können leicht ersehen werden.

Deutlich zeigt sich beim Einzeichnen der scheinbaren Bahn die Gültigkeit des Lambert'schen Satzes von der Krümmung der scheinbaren Bahn: Sie ist gegen den jeweiligen Sonnenort konvex oder konkav, je nachdem der Abstand des Kometen von der Sonne größer oder kleiner als jener der Erde von der Sonne ist. Wendepunkt bei $r \approx 1!$

Bipolares Bahndiagramm (Sichtbarkeitsverhältnisse)

Bei Kometen mit geringer Bahnneigung (i nahe 0° oder 180°) läßt sich um die Pole Sonne und Erde mit r und d der Kometenort festlegen, woraus man leicht Abend- bzw. Morgensichtbarkeit etc. ersehen kann.

Beispiel (aus der in Vorbereitung befindlichen 3.Auflage)

+1986 P/HALLEY

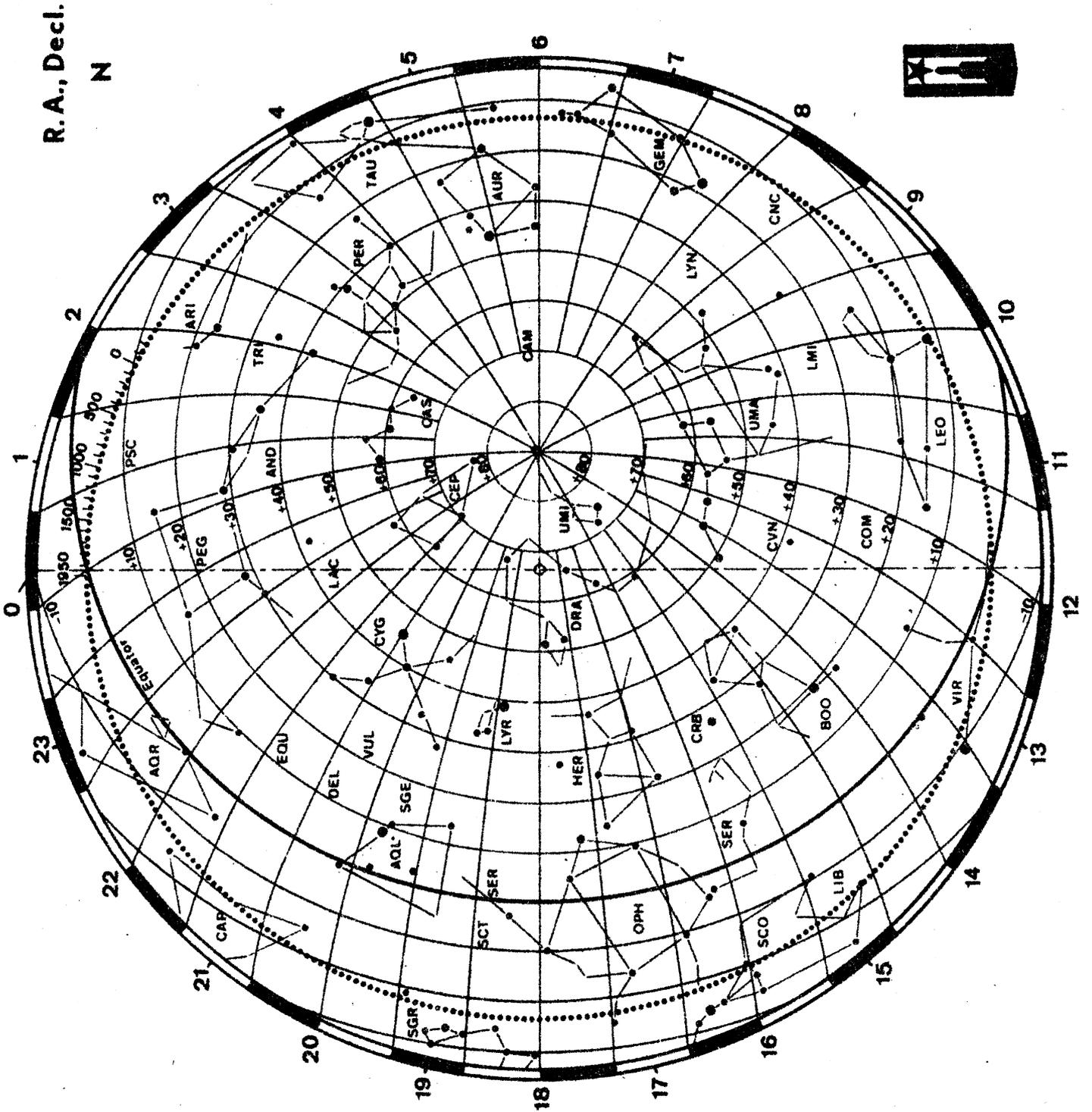
T +1986 Feb.09,660 UT greg; P $111,87^\circ$; K $58,67^\circ$; i $162,24^\circ$;
 q 0,58710; e 0,96727; H +4,8; Äqu.+1986,0. Yeomans, AJ.82/6.

+1985/+1986	J.D.		Sonne	Komet	d	r	\bar{m}	
Nov. 21	8	2446391	A	239,1	47 + 3	0,65	1,63	+ 6
29	8	6399	B	247,2	25 + 6	0,63	1,51	+ 6
Dez. 7	16	6407	C	255,3	5 + 7	0,70	1,39	+ 5
23	16	6423	D	271,6	342 + 8	0,99	1,14	+ 5
Jan. 8	16	6439	E	287,9	331 + 8	1,30	0,90	+ 5
24	16	6455	F	304,2	323 + 7	1,52	0,68	+ 4
Feb. 9)	16	6471	G	320,4	315 + 6	1,55	0,59	+ 3
25	16	6487	H	336,6	307 + 4	1,34	0,68	+ 4
Mär. 13	16	6503	I	352,6	299 - 1	0,98	0,89	+ 4
29	16	6519	J	8,5	281 -12	0,58	1,14	+ 4
Apr. 6	8	6527	K	16,4	258 -23	0,44	1,26	+ 4
10	4	6531	L	20,3	239 -28	0,42	1,32	+ 4
14	4	6535	M	24,2	219 -31	0,43	1,38	+ 4
18	4	6539	N	28,2	201 -30	0,49	1,44	+ 5
22	8	6543	O	32,1	188 -28	0,57	1,50	+ 5
30		2446551	P	39,8	174 -24	0,78	1,62	+ 6

Man zeichne, wie oben angegeben, die scheinbare Kometenbahn auf Transparentpapier und benütze die beigegefügtten Himmelskarten!

Kometen und Meteorströme

Die bestehenden Meteorströme, die mit in diesem Katalog angeführten Kometen in Verbindung stehen, sind ebenfalls behandelt.



Referat: Der "Isophotometrische Atlas der Kometen" von Högner-Richter

Das isophotometrische Bild eines Objektes besteht aus den Linien gleicher Helligkeit; je nach seinem Maßstab können weniger oder mehr solcher "Isophoten" wiedergegeben werden und man erhält ein gröberes oder feineres Bild von dessen Helligkeitsverteilung. Der Verdienst, die Isophotometrie zu einer wichtigen Untersuchungsmethode der Kometenforschung gemacht zu haben, kommt W.Högner und N.Richter zu, die 1969-1979 die beiden Teile ihres "Isophotometrischen Atlas der Kometen" bei J.A.Barth in Leipzig, DDR, erscheinen ließen (Lit.1).

Isophotometrische Technik

Prinzipiell gibt es folgende Möglichkeiten, isophotometrische Bilder von Objekten zu erhalten:

- Punktweise Photometrie (Gitternetz)
- Automatisches Isophotometer
- Photographische Äquidensiten

Letztere Methode ist wenig aufwendig und sehr genau; eine gründliche Beschreibung haben Lau und Krug (Lit.2) gegeben. Man verwendet dazu einen Film, der nur innerhalb eines sehr kleinen Helligkeitsbereichs mit Schwärzung reagiert. Fertigt man Kopien der Originalnegative auf solchem Film an, kann man je nach Kopierbelichtung verschiedene Linien gleicher Helligkeit (Isophoten) als Linien gleicher Schwärzungsdichte (Äquidensiten) erhalten. Es wird für jede Isophote ein solches Äquidensitogramm kopiert, die Kopien werden paßgenau übereinander gelegt und schließlich normal kopiert. Näheres siehe Sternfreunde-Seminar 1978 (Lit.3).

Isophotometrischer Atlas der Kometen: Aufbau und Inhalt

1967 wurden alle Sternwarten von der IAU gebeten, Kometenaufnahmen für dieses große Unternehmen zur Verfügung zu stellen; etwa 300 Aufnahmen konnten ausgewertet werden. Es wurde der Film ORWO FU 5 verwendet. Für jeden Kometen (1902-1974) bietet der Atlas:

- a) Positivkopien der Originalaufnahmen, die in zeitlicher Reihenfolge nummeriert sind.
- b) Isophotendiagramme, in Teil 1 alle auf gleichen Maßstab vergrößert, in Teil 2 teilweise im Originalmaßstab;
- c) Vergrößerte Isophotendiagramme der Kernpartieen (5-10fach)

Tabellenteil, der für jede Originalaufnahme enthält: Bezeichnung; Atlas-Blattnummer mit Kategorieangabe a,b,c; Datum und Uhrzeit UT der Aufnahme, Entfernung des Kometen von der Erde und der Sonne sowie Phasenwinkel zum Aufnahmezeitpunkt; Wellenlängenbereich der



1



2



3

Zu Referat: ISOPHOTOMETRISCHER ATLAS DER KOMETEN
Teil 2, Blatt XXVI. 1970 II Bennett.



7



8



9

4

5

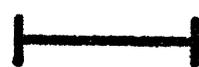
6

Zu Referat: ISOPHOTOMETRISCHER ATLAS DER KOMETEN
Teil 2, Blatt XXVI. 1970 II Bennett.

10

11

60'



Fortsetzung Referat: Der "Isophotometrische Atlas der Kometen"

Aufnahme. Zudem sind auch Instrument- und Ortsdaten aufgenommen. Blatt XXVI aus Teil 2 ist auf zwei Blättern hier wiedergegeben; es zeigt den Kometen 1970 II Bennett. Die Kopien der Originale a) sowie die Vergrößerungen c) werden mit dem internen Fernsehsystem gezeigt. Der Wellenlängenbereich der Aufnahmen umfaßte 360-490 nm, die Aufnahmen wurden am Woolston-Observatorium von Waterfield mit Astrograph 150/675mm gemacht. Maßstabsangabe: In Einheiten von 10^2 km.

1970 UT	a	Maßst.	b	Maßst.	c	Maßst.	r	d	Ø
Apr. 1,160	G1	1600	XXVI/1	800	XXIII/1	160	0,606	0,722	97,2°
Apr. 2,160	G2	1624	XXVI/2	812	XXIII/2	162	0,616	0,733	95,3
Apr. 4,160	G3	1689	XXVI/3	845	XXIII/3	169	0,642	0,762	90,6
Apr. 7,156	G4	1824	XXVI/4	912	XXIV/4	182	0,680	0,823	83,7
Apr. 7,109	G5	1824	XXVI/5	912	XXIV/5	182	0,680	0,823	83,7
Apr. 9,157	G6	1891	XXVI/6	946	XXIV/6	189	0,709	0,853	79,4
Apr. 9,115	G7	1891	XXVI/7	946	XXV/7	189	0,709	0,853	79,4
Apr. 10,089	G8	1935	XXVI/8	968	XXV/8	194	0,720	0,873	77,3
Apr. 11,134	G9	1981	XXVI/9	991	XXV/9	198	0,734	0,894	75,2
Mai 4,014	G10	3187	XXVI/10	1594	XXV/10	319	1,103	1,438	44,3
Apr. 14,124	G11	2134	XXVI/11	1067	XXV/11	213	0,799	0,963	69,4

Der Atlas enthält folgende Kometenbearbeitungen:

Teil 1		1939 III	Jurlof-Achmarof-Hassel
1902 III	Perrine	1941 I	Cunningham
1903 IV	Borelly	1941 IV	De Kock - Paraskevopoulos
1907 IV	Daniel	1943 I	Whipple-Fedtke
1908 III	Morehouse	1957 III	Arend-Roland
1910 II	Halley	Teil 2	
1911 II	Kies	1957 III	Arend-Roland
1911 V	Brooks	1957 V	Mrkos
1912 II	Gale	1962 VIII	Humason
1914 V	Delavan	1963 I	Ikeya
1919 III	Brorsen-Metcalf	1965 VIII	Ikeya-Seki
1932 V	Peltier-Whipple	1970 II	Bennett
1936 II	Peltier	1972 VIII	Abe
1937 V	Finsler	1973 XII	Kohoutek
1939 I	Cozik-Peltier	1974 III	Bradfield

Literatur

- 1 W.Högner - N.Richter, Isophotometrischer Atlas der Kometen. Teil 1 (1969), Teil 2 (1979). J.A.Barth, Leipzig, DDR.
- 2 E.Lau - W.Krug, Die Äquidensitometrie. Akademie-Verl., Berlin 1957
- 3 G.Wödl, Isophotometrie m. Äquidensiten, Sternfreunde-Seminar 1978
Renate Birnkraut, Burghardtsgasse 34, A-1200 Wien

Referat: Der "Atlas of Cometary Forms" von Rahe, Donn und Wurm; kurze physikalische Erläuterung der Erscheinungsbilder von Kometen.

Kometen, die ausgiebige Erforschung zulassen, sind selten und in den langen Zwischenzeiten ändern sich Forschungsschwerpunkte und Beobachtungstechniken, so daß die Ergebnisse schwer vergleichbar werden; schließlich sind die Beobachtungsaufzeichnungen über die Welt verstreut, womit die Zusammenstellung vergleichenden Materials schwierig wird. Um dem abzuhelpen, begann K.Wurm um 1960 mit einer Zusammenstellung von Bilddokumentationen möglichst vieler Kometen. Die Arbeit wurde 1968 unter Mitarbeit von J.Rahe und B.Donn (NASA) fertiggestellt und unter dem Titel "Atlas of Cometary Forms, Structures near the Nucleus" von der NASA veröffentlicht. Der Atlas wurde aus Gründen des eher spärlichen Beobachtungsmaterials in vier Teile unterteilt:

1. Visual Observations of Comets. Eine Fülle von sonst schwer zugänglichen Zeichnungen von neun Kometenerscheinungen in chronologischer Reihe; sie beschränken sich auf die nähere Umgebung des Kometenkerns. Sie zeigen die Strahlenphänomene der kernnahen Gebiete, die leider auf fast allen späteren Photographien nicht mehr sichtbar sind. Die um den Kern gelagerte Koma ist zwar bereits wesentlich schwächer als der Kern, aber immer noch viel heller als der Kometenschweif; diesen möchte man aber auf den meisten Photos möglichst vollständig erhalten - wodurch die Phänomene in Kernnähe völlig überbelichtet werden. Das menschliche Auge besitzt im Gegensatz zu Photoschichten zudem die Fähigkeit, bereits sehr schwache Helligkeitsunterschiede deutlich wahrzunehmen; auch das macht Zeichnungen wertvoll.
2. Comparison of visual and photographic Observations of Comets. An zwei Kometen werden Zeichnungen und photographische Aufnahmen, die zur gleichen Zeit gemacht wurden, verglichen. Leider erstreckt sich dieser wichtige Vergleich auf eben nur zwei Kometen.
3. Photographic Observations of Comets. Dieser ausführlichste Teil bietet von drei Kometen komplette Photo-Dokumentationen.
4. Influence of Instrumental Factors on the Appearance of a Comet. An acht Kometen wird der Einfluß instrumenteller Faktoren auf die Qualität der Abbildung gezeigt.

Folgende Kometen werden im Atlas ausführlich dokumentiert:

Teil 1: 1835 III P/Halley, 1858 VI Donati, 1861 II Tebbutt, 1862 III P/Swift-Tuttle, 1868 II Winnecke, 1881 III Tebbutt, 1874 III Goggia, 1907 IV Daniel*, 1910 II P/Halley*.

Fortsetzung Referat: Der "Atlas of Cometary Forms" von Rahe, Donn ...

Teil 2: 1907 IV Daniel*, 1910 II P/Halley*.

Teil 3: 1908 III Morehouse*, 1910 II P/Halley*, 1962 VIII Humason*.

Teil 4: 1937 V Finsler*, 1910 II P/Halley*, 1943 I Whipple-Fedtke-Tevzade*, 1911 V Brooks*, 1960 II Burnham, 1957 III Arend-Roland*, 1957 V Mrkos*, 1962 VIII Humason*.

Mit * sind jene Kometen bezeichnet, die auch im "Isophotometrischen Atlas der Kometen", siehe Referat R. Birnkraut, behandelt sind.

Erscheinungsformen

Man kann zwei Hapterscheinungsformen unterscheiden: Kometen mit Schweif Typ I (Schweif gerade; genau von der Sonne weg gerichtet) und Kometen mit Schweif Typ II (Schweif leicht gekrümmt, auch in andere Richtungen weisend) Typ II - Schweife kommen allein nur sehr selten vor.

Mit Hilfe der Spektralanalyse können in Typ I - Schweifen vor allem ionisierte Moleküle festgestellt werden. Bei den typischen Strahlerscheinungen im Schweif handelt es sich hauptsächlich um Wechselwirkungen mit der Teilchenstrahlung der Sonne. Die Zeichnungen zeigen, daß solche Strahlen anscheinend aus dem Kern kommen und immer in Richtung zur Sonne zeigen. Durch den Lichtdruck bzw. Sonnenwind werden sie dann in den Schweif zurückgebogen und werden dann auf Photographien sichtbar. Die Ausstrahlung Richtung Sonne läßt sich folgendermaßen erklären: Der Kometenkern ist ein Brocken Stein-Eis-Konglomerat, der sich auf der Sonnenseite stärker erhitzt und die Wärme nicht gut leitet. Dadurch kommt es zu örtlichen Überhitzungen, wobei die als Eis gefrorenen Gase aus den Hohlräumen im Steingerüst siphonartig zu verdampfen beginnen; es kommt manchmal auch zu explosionsartigen Verdampfungserscheinungen, die man als abgerissene Schweife, Wölkchen und Knoten beobachtet. Wegen der höheren Flüchtigkeit von Wasserstoff findet sich um den Kometenkopf ein bis zu mehreren Millionen km großer Wasserstoff-Halo. Bei der Strahlenbildung spielen die Kometen-Magnetfelder eine große Rolle. Typ II - Schweife bestehen im Gegensatz zu den Gasschweif des Typs I hauptsächlich aus Staubpartikeln. Die Theorie der Staubkometen von Finson-Probstein wird im Umriß vorgestellt.

Literatur

Rahe, Donn, Wurm: Atlas of Cometary Forms. NASA-SP 198, 1969.

Donn et al, ed: The Study of Comets. NASA-SP 393, 1976.

Gary, ed: Comet Kohoutek, NASA-SP 335, 1975.

Chebotarev et al: Motion, Evolution of Orbits and Origin of Comets.

IAU Symp. No 45. D. Reidel, 1972.

Christian Köberl

Gumpoldskirchnerstr. 14/5
A-2340 Mödling

Referat: Meine "Schmidtkamera" als Kometenkamera

Für die Photographie von Kometen hat die Kleinbildkamera mit Objektiven von 28-135mm Brennweite den Vorteil eines Feldes von über 10°, aber bei der Ortsbestimmung den Nachteil geringer Auflösung. Ein Newton-Teleskop 150/1200mm besitzt z.B. 5"-10" Auflösung, aber nur ein Feld von 2° und erfordert gute Nachführung. Günstig wäre für Kometenaufnahmen ein Feld von 7°-10° und mittlere Auflösung, also Brennweiten von 300mm-500mm. Ich habe mich schließlich zum Bau einer "Schmidtkamera" ohne Korrekptionsplatte, 100/350mm, entschlossen.

Prinzip der Schmidtkamera

Sie besitzt einen sphärischen Hauptspiegel und eine Korrekptionsplatte in seinem Krümmungsmittelpunkt. Koma und Astigmatismus werden allein durch die Lage der Korrekptionsplatte, sphärische Aberration durch ihre Brechungswirkung korrigiert (Abb.1,2). Wenn aber die sphärische Aberration des Spiegels kleiner als das Auflösungsvermögen des Films bleibt, kann man die komplizierte Korrekptionsplatte durch eine einfache Blende im Krümmungsmittelpunkt ersetzen.

"Schmidtkamera" ohne Korrekptionsplatte

Bedeutet y die Einfallshöhe der Randstrahlen = Radius der Blende, r den Krümmungsradius des Spiegels und δ das Öffnungsverhältnis des Spiegels, so besitzen die Zerstreungskreise den Durchmesser τ_s ,

$$\tau_s = y^3 / r^3 \quad \text{oder} \quad \tau_s = (1/4\delta)^3,$$

wenn man sich auf die Lage der Filmfläche im Fokus der Achsialstrahlen bezieht. Verschiebt man die Filmfläche etwas zum Spiegel hin, läßt sich eine Lage für minimalen Durchmesser τ_{eff} der Zerstreungskreise finden (Abb.3):

$$\tau_{eff} = (1/4) \cdot \tau_s$$

und aus der Rechnung ergibt sich dann beispielsweise für

Blende δ	Brennweite	Öffnungsverhältnis	τ_{eff}
100mm	300mm	1:3	0,04mm entsprechend 30"
100	350	1:3,5	0,03
100	400	1:4	0,02
150	600	1:4	0,035
150	675	1:4,5	0,03
			entsprechend 9"

Mit aufwendigerer Rechnung läßt sich zeigen, daß die beste Auflösung sogar nur die Hälfte der obigen Werte erreicht.

Wie sieht es nun mit dem Film aus?

Kodak Tri-X-Pan, auf 27/10 DIN entwickelt, hat ein Auflösungsvermögen von rund 50-60 Linien/mm, also ungefähr 0,02mm; entwickelt man

Zu Referat: Meine "Schmidtamera" und ihre Leistung als Kometenkamera

Einfallshöhe von Strahlen: y achsparallel, y_α unter α

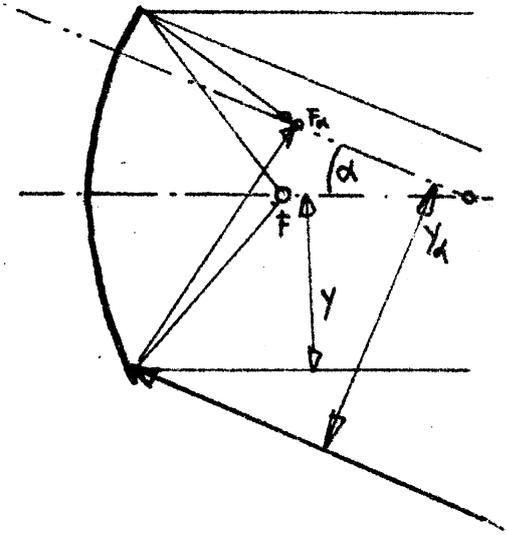
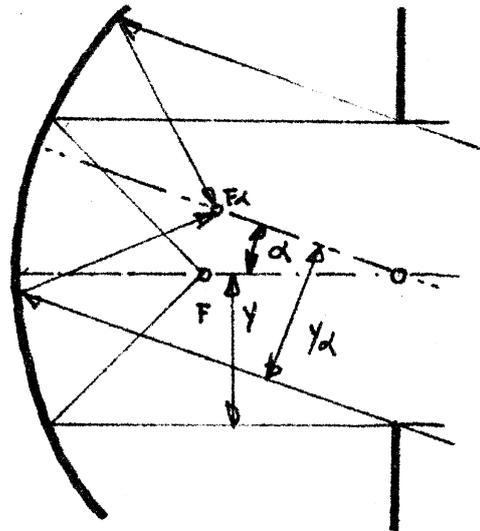


Abb.1

Ohne Blende ist $y_\alpha > y$



Blende

Abb.2

Mit Blende ist $y_\alpha = y$

Sphärische Aberration τ_s eines Kugelspiegels
Optimierung auf τ_{eff} durch Umfokussieren

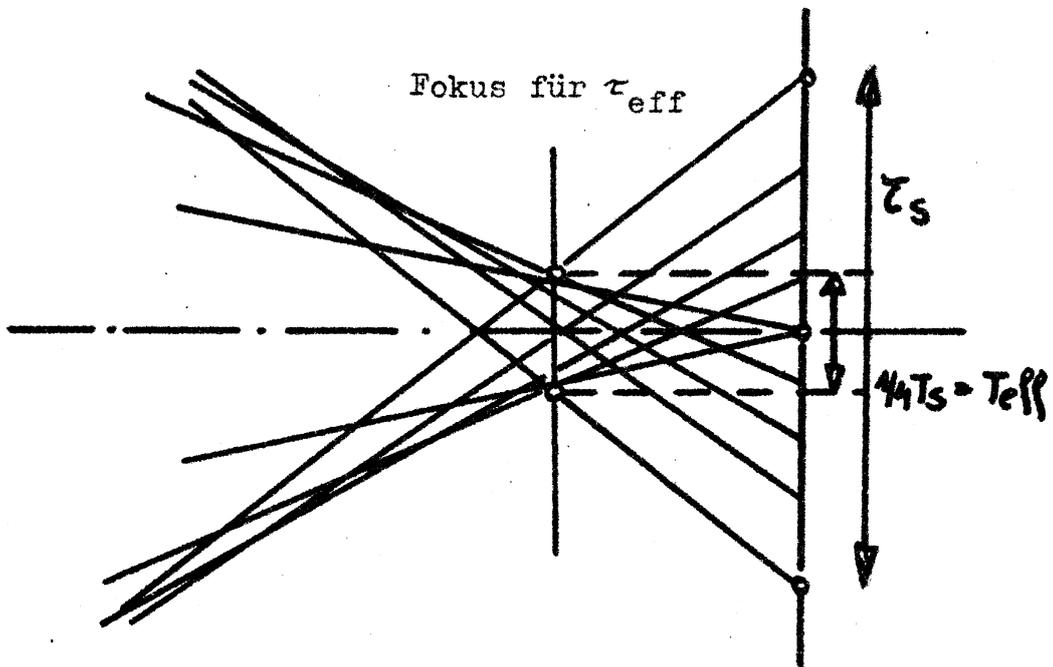


Abb.3

Fokus für τ_s

Filmkassette meiner Schmidt-Kamera

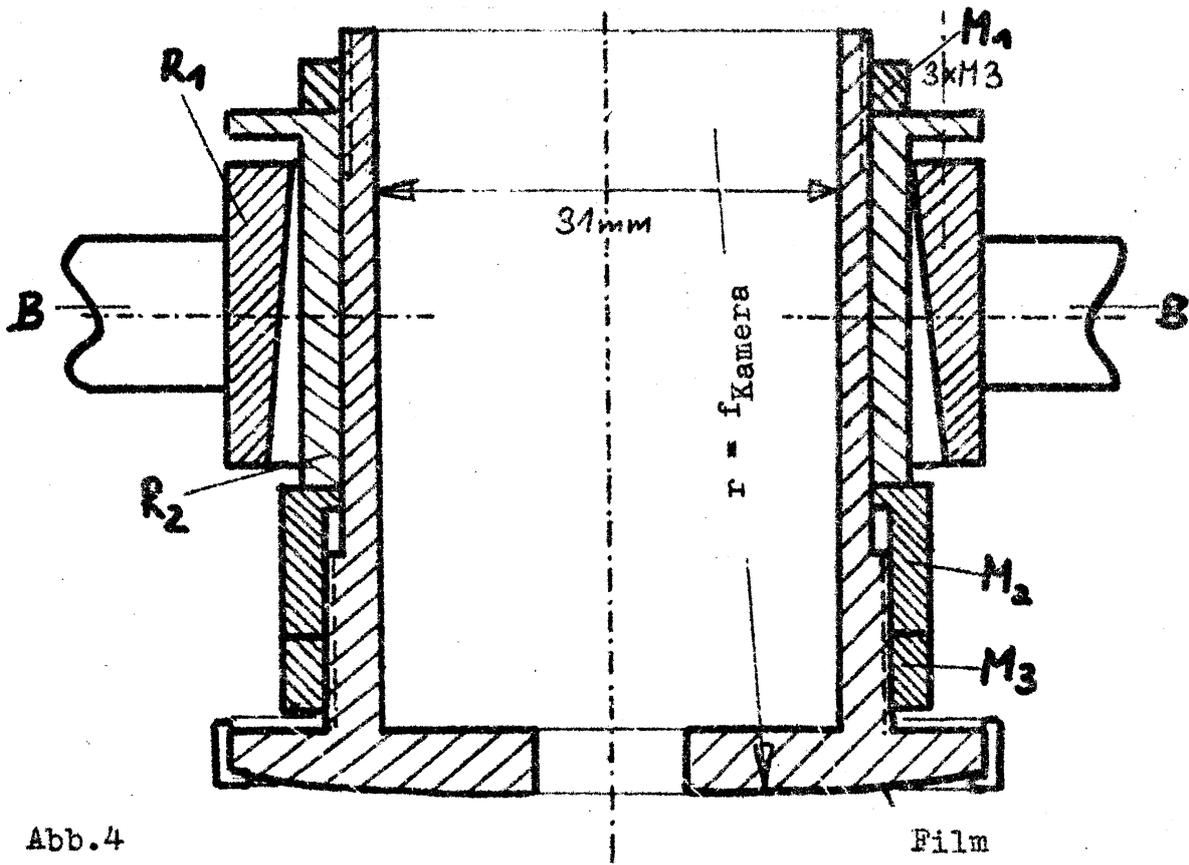


Abb.4

Fokussiermikroskop meiner Schmidt-Kamera

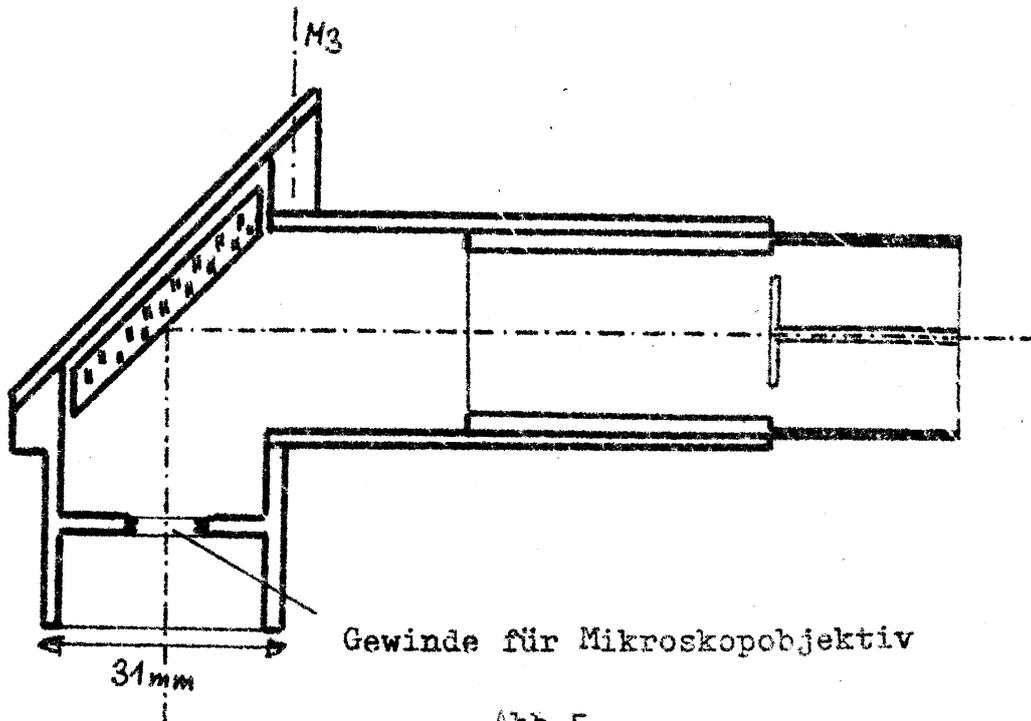


Abb.5

Fortsetzung Referat: Meine "Schmidtkamera" als Kometenkamera

aber, um kurze Belichtungszeiten zu haben, auf 36-40/10 DIN, so hat er eine Auflösung von 0,03 - 0,05mm und man sieht, daß eine Auflösung der Kamera von 0,03mm auf alle Fälle genügt, besonders wenn man bedenkt, daß schwache Sterne bei optimaler Fokussierung noch etwa kleiner abgebildet werden. Bei der Wahl folgender Dimensionen wird bei Filmeinbringung in Kassetten nicht zuviel vom Hauptspiegel abgeschattet und geht auch nicht zuviel wertvolles Feld verloren:

$$\text{Filmdurchmesser} = \text{Blendendurchmesser} / 2,$$

etwa für 100/350mm, Hauptspiegel 150-175mm, Filmdurchmesser 50mm oder für 150/600mm, Hauptspiegel ca. 250mm, Filmdurchmesser 75mm; dann ergibt sich unter Abschattung von 10 bis 15% am Rand ein Feld von 8° beziehungsweise 7° . Der Hauptspiegel muß wegen der Feldausleuchtung größer als die Blende sein.

Meine "Schmidtkamera"

Von diesen Überlegungen ermutigt, baute ich eine "Schmidtkamera" ohne Korrektionsplatte 100/350mm, mit Hauptspiegel von 150mm und Film von 50mm Durchmesser. Die gesamte Kameralänge beträgt also etwas mehr als 700mm, denn die Blende muß ja im Krümmungsmittelpunkt des Spiegels, 2f von ihm entfernt, liegen. Das Feld hat 8° Durchmesser. Ich baute mir dazu zwei runde Filmkassetten, justierbar, mit sphärischer Filmfläche, $r = 350\text{mm}$ (Abb.4). Die Kassettenaufhängung im Tubus erfolgt mittels flacher Streben wie beim Fangspiegel eines Newton-Teleskops; wegen der Temperatureffekte, auf die man achten muß, wird die Kasette jedes Mal, bevor ich den Film einlege, mit dem Fokussiermikroskop (Abb.5) justiert. Es wird von der Seite der Blende her in die Kasette geschoben und scharf gestellt wird auf einen durch ein zentrales Loch sichtbaren klaren Film mit eingritztem Fadenkreuz.

Die Negative sind sehr kontrastreich und die Sterne werden bis zum Feldrand scharf abgebildet; schwache Sterne sieht man bei exakter Fokussierung nur mit einer starken Lupe. Die Negative vertragen bis zu 20fache Vergrößerung. Am Stadtrand von Wien erreiche ich mit dieser "Schmidtkamera" auf Tri-X-Pan-Film, entwickelt auf 27/10 DIN, in 10 Minuten $+13^m$ bis $+13,5^m$.

Am 16.Sep.1979 konnte ich auf Tri-X-Pan, entwickelt auf 30/10 DIN, den Kometen 1979c Bradfield in 10^{min} aufnehmen, obwohl er nur $+13^m$ aufwies - und dies am Stadtrand Wiens! Auch die Aufnahmen von M 57, h/χ und NGC 7000 befriedigen sehr und übertreffen die Leistung von Kleinbildkamera-Teleobjektiven (siehe "Sternenbote", 2/1980). Die Aufnahmen und meine "Schmidtkamera" sind in der Pause öffentlich ausgestellt. Jörg Schmiedmayer, Breitenfurterstr.494, A-1237 Wien

Ausstellung: Amateuraufnahmen von Kometen; Beobachtungsergebnisse

Seit vielen Jahren wird im "Sternenboten" auf die jeweils von Österreich aus beobachtbaren Kometenerscheinungen, z.T. durch Eilmeldungen, hingewiesen und Amateure zu Beobachtungen angeregt. Ergebnisse werden im "Sternenboten" veröffentlicht und Photos im Wiener Planetarium öffentlich ausgestellt. Aus der Fülle des Materials wird eine kleine Auswahl von Photos vorgestellt, die Herr Dr. Herbert Fiala, St. Pölten, aufgenommen und vorzüglich ausgearbeitet hat:

1974 b	Bradfield	1	1976 e	P/d'Arrest	3
1975 h	Kobayashi-Berger-Milon	13	1977 m	Kohler	3
1975 n	West	2	1978 b	P/Wild 2	4
1975 p	Bradfield	4	1978 f	Meier	2
1976 a	Bradfield	2	Summe der Aufnahmen		34

Als Instrument diente eine Kleinbildkamera mit Teleobjektiv 75/135mm, 10" \approx 0,007mm, es wurde Kodak Tri-X-Pan und Recording verwendet. Die Aufnahmeserie zu 1975 h wurde im System des österreichischen Amateur-Beobachtungsprogrammes "Kleinplaneten" vermessen und reduziert, um zu zeigen, inwieweit auch mit sehr kurzer Brennweite gewonnene Aufnahmen auswertbar sind. Die Vermessung erfolgte mit dem Koordinatenmeßapparat PK 1 von Zeiss in Graz/Lustbühel, die Reduktion mit IBM 370 des ADV/Wien. Die jeweils 6-8 Anschlußsterne wurden dem Star Catalog des Smithsonian Astrophysical Observatory entnommen.

Komet 1975 h Kobayashi-Berger-Milon (Dr.H.Fiala, 75/135mm).

1975 UT	Rekt 50,0	Dekl 50,0	m	m ₁	Koma	Schweif	Ort
Jul.22,89245	18 ^h 14 ^m 54 ^s	+51°50,2'	6"	+4,9 ^m	10'		Pön.
Jul.22,91120	18 14 23	+51 53,3	10	+4,9	10		Pön.
Jul.23,95860	17 40 33	+54 47,1	10	+5,1	10		Pön.
Jul.23,96485	17 40 19	+54 48,3	6	+5,1	10		Pön.
Jul.26,92118	15 59 34	+58 44,5	7	+5,0	12		Kau.
Jul.30,86285	14 13 59	+57 12,1	7	+4,8	15	2°	Pön.
Jul.30,90660	14 13 09	+57 09,6	7	+4,8	15	2	Pön.
Aug.03,85243	13 11 57	+53 18,9	5	+4,8	12	2	Kau.
Aug.08,95903	12 28 12	+48 45,1	7	+5,0	14	5	Kau.
Aug.09,85694	12 22 00	+47 56,3	6	+5,0	14	4	Kau.
Aug.14,89201	11 56 23	+44 15,7	9	+5,2	16	6	Kau.
Aug.16,84670	11 48 14	+42 58,0	10	+5,2	16	5	Kau.

Beobachtungsort: Pönning NÖ, 15°47'06" Ost / 48°14'05" Nord, 230m
 Kaumberg NÖ, 15 50 43 Ost / 48 02 59 Nord, 628

Vermessung und Reduktion

Die Vermessung der Aufnahmen, die Umsetzung der Meßkoordinaten in Tangentialkoordinaten und weiter in äquatoreale sphärische Koordinaten (Turner'sches Verfahren) wird besprochen; die Dokumentation erfolgte bereits im Sternfreunde-Seminar 1975 (W.Dienes) und 1978 (Ing.E.Meyer, mit Beispiel), worauf verwiesen sei. Den Herren Univ. Prof.Dr.H.Haupt und Univ.Prof.Dr.G.Schrutka-Rechtenstamm ist für die Förderung des österreichischen Amateur-Beobachtungsprogrammes "Kleinplaneten / Kometen" sehr zu danken.

Referat: Scheinbare und räumliche Kometenbahnen.

Die scheinbare Bahn eines Kometen wird an der Himmelskugel beobachtet und entsteht im Zusammenwirken der räumlichen Bewegung des Kometen und des Beobachtungsortes Erde (Erdmitte; Oberflächenpunkt). Die Raumbahnen von Erde und Komet sind in großer Annäherung ebene Kurven, ihre Ebenen schneiden sich in der durch die Sonne gehenden Knotenlinie. Diese zerfällt in zwei Halbstrahlen, die zum auf- bzw. absteigenden Knoten der Kometenbahn weisen. Im aufsteigenden Knoten geht der Komet von S nach N (δ), im absteigenden von N nach S durch die Ekliptik (δ). Solche Raumbahnen haben folgende Bahnelemente:

- T Termin des Durchganges durch den sonnennächsten Punkt der Bahn, das Perihel.
- δ Heliozentrische Länge des aufsteigenden Knotens (δ)
- ω Argument des Perihels, sonnenzentrischer Winkel zwischen aufsteigendem Knoten und Perihel, gezählt in Bewegungsrichtung.
- i Bahnneigung, Winkel zwischen den Normalen auf die Bahnebenen von Erde und Komet.
- q Periheldistanz, Abstand Sonne-Perihel.
- e Numerische Exzentrizität
- H_{10} Reduzierte Helligkeit, scheinbare Helligkeit im Abstand 1 von Sonne und Erde.

Aus der scheinbaren Bahn und unter Zugrundelegung des Newton'schen Gravitationsgesetzes läßt sich die räumliche Bahn bestimmen.

Einige Eigenschaften der scheinbaren Bahn:

Lambert'scher Satz: Die scheinbare Bahn ist gegen den Sonnenort am Himmel konvex, solange die Entfernung des Kometen (oder Planeten) von der Sonne größer ist als jene der Erde von der Sonne, im anderen Fall hingegen konkav. Wendepunkte, wenn die Entfernung Sonne-Komet und Sonne-Erde übereinstimmen. Die Doppelpunkte der auftretenden Schleifen liegen stets der Ekliptik näher als die Schleifen und bei steigender Exzentrizität wird die scheinbare Bewegung ungleichförmiger. Bei Kometen tritt Rückläufigkeit nur in Aphelnähe auf.

Darstellungen der scheinbaren Bahnen von 617 Patroclus, $e=0,14$, $a=5,19$ / 1000 Piazzia, $e=0,26$, $a=3,18$ / 1036 Ganymed, $e=0,54$, $a=2,67$ / Komet P/Encke, $e=0,85$, $a=2,22$. Bei diesen Kleinplaneten ist die Entfernung von der Sonne stets größer als die der Erde von der Sonne, beim Encke'schen Kometen bis Ende Oktober 1914 und ab Januar 1915 ebenfalls; dazwischen ist sein Sonnenabstand kleiner als jener der Erde.- In den beigefügten Darstellungen findet man den Lambert'schen Satz bestätigt und auch die scheinbare Bewegungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Phasen ist deutlich erkennbar.

Fortsetzung Referat: Scheinbare und räumliche Kometenbahnen.

Zur Veranschaulichung des Lambert'schen Satzes über die Krümmung der scheinbaren Bahnen.

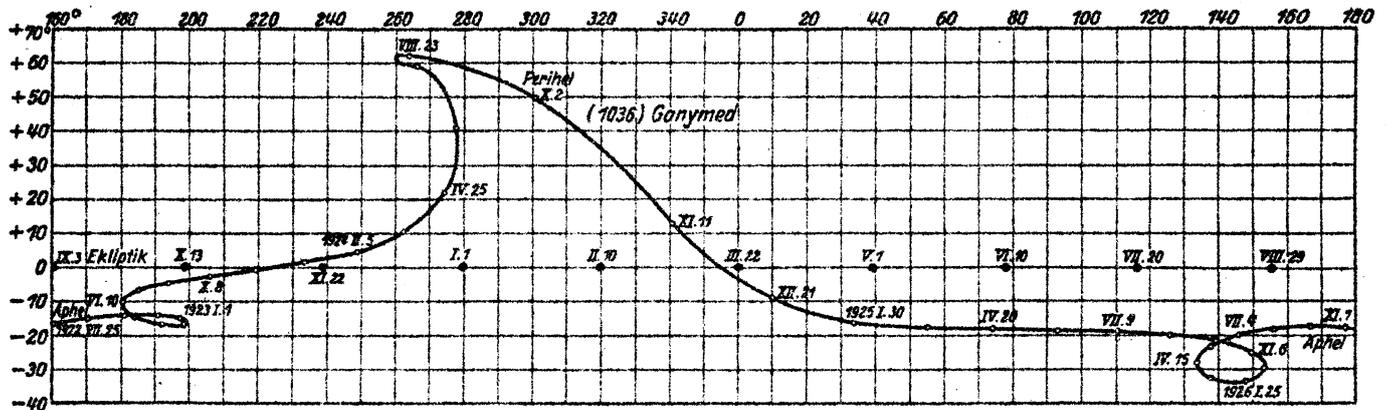
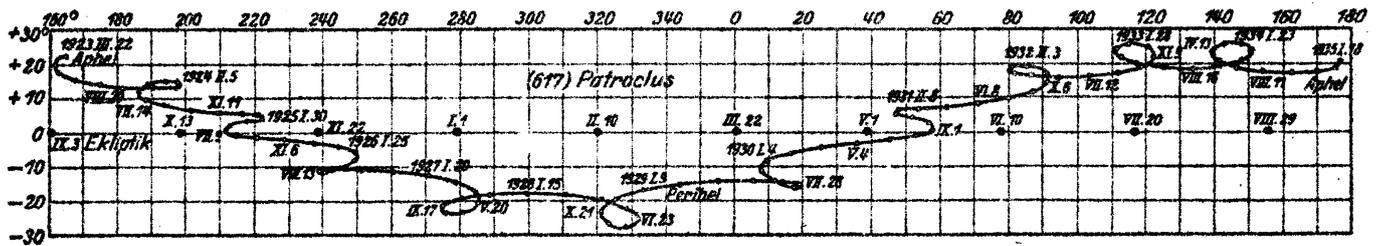


Abb. 8 und 9.

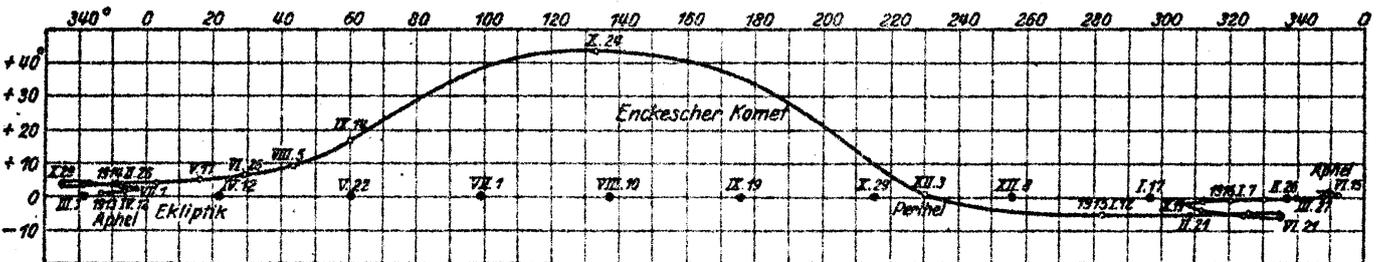
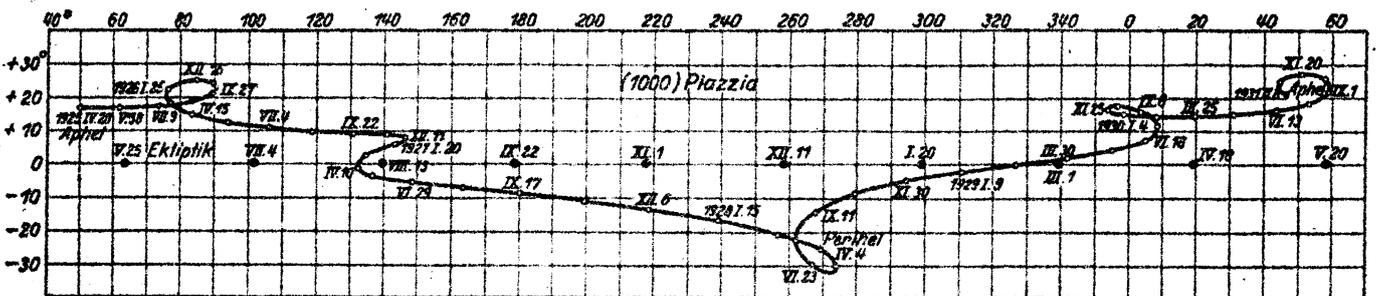
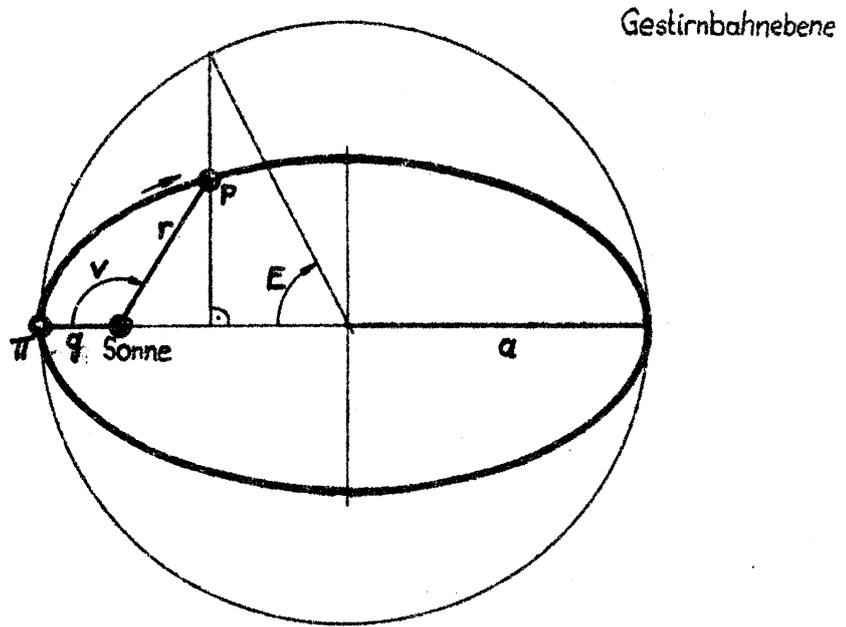
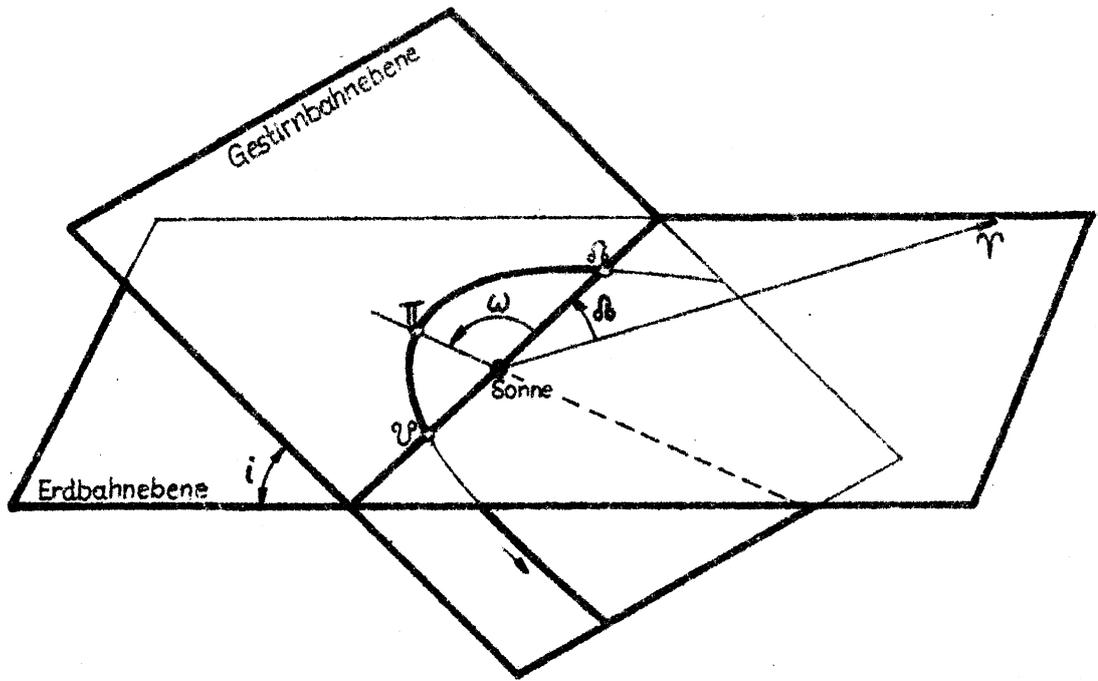


Abb. 10 und 11.

Aus G. Stracke, Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, Springer 1929.

Fortsetzung Referat: Scheinbare und räumliche Kometenbahnen.



Referat: Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace, Methode von Stumpff - Herget.

Problem

Aus der beobachteten scheinbaren Bahn ist die räumliche Bahn des Himmelskörpers unter Zugrundelegung eines bestimmten Bewegungsmodells zu bestimmen. Dieses Bewegungsmodell wird hier folgendermaßen charakterisiert: Die Bahn des Himmelskörpers ist eine Kegelschnittslinie, in deren (einem) Brennpunkt die Sonne steht - die Bewegung erfolgt nach dem Newton'schen Gravitationsgesetz. Die Ableitung der geometrischen und physikalischen Kenngrößen der Raumbahn, der Bahnelemente, erfolgt über die Koordinaten des heliozentrischen Ortes und der heliozentrischen Geschwindigkeit, die der Himmelskörper zu einem bestimmten Termin besitzt.

Lösung

1. Reduktion der Beobachtungen

Es sind mindestens drei Positionen samt zugehörigen Terminen erforderlich. Diese Beobachtungsdaten sind zunächst folgendermaßen aufzubereiten:

- 1.1. Die drei Termine müssen in Ephemeridenzeit (ET) ausgedrückt werden, siehe Sternfreunde-Seminar 1977;
- 1.2. Die sphärischen Koordinaten sind auf ein mittleres Normaläquinoktium (1950,0) oder auf den Jahresanfang zu reduzieren, es sind also Präzession und Aberration zu berücksichtigen, siehe Sternfreunde-Seminar 1976 und 1977.
- 1.3. Tägliche Parallaxe

$$\alpha' - \alpha = \frac{\varrho \cdot \pi \cdot \cos \varphi'}{\Delta} \cdot \frac{\sin(\alpha - \Theta)}{\cos \delta} \quad (1)$$

$$\delta' - \delta = - \frac{\varrho \cdot \pi \cdot \sin \varphi'}{\Delta} \cdot \frac{\sin(\zeta - \delta)}{\sin \zeta} \quad \text{worin} \quad \tan \zeta = \frac{\tan \varphi'}{\cos(\Theta - \alpha)}$$

Es bedeutet:

α', δ' Topozentrische Rektaszension, Deklination

α, δ, Δ Geozentrische Rektaszension, Deklination, Entfernung

ϱ Geozentrischer Mittelpunktsabstand, des Beobachtungsortes

φ' Geozentrische Breite des Beobachtungsortes

π Äquatoreal-Horizontalparallaxe der Sonne (8,8")

Θ Sternzeit der Beobachtung

φ Geographische Breite des Beobachtungsortes

Es gilt:

$$\varphi' = \varphi - 695,66'' \cdot \sin 2\varphi \quad \varrho = 0,99832 + 0,0016835 \cdot \cos 2\varphi$$

1.4. Lichtzeit

Infolge der endlichen Geschwindigkeit des Lichtes c wird ein Objekt zum Zeitpunkt $t + \Delta t$ dort erblickt, wo es zur Zeit t stand: $\Delta t = \Delta / c$.

Sowohl bei der Parallaxe als auch bei der Lichtzeit ist die Kenntnis von Δ erforderlich. Während die Parallaxe gleich nach dem ersten Rechnungsdurchgang, der ein genährtes Δ ergibt, angebracht wird, berücksichtigt man die Lichtzeit meist erst im letzten Iterationsschritt.

2. Das Verfahren von Stumpff - Herget

2.1. Grundlagen

Bedeutungen:

X, Y, Z Rechtwinkelige, geozentrische Koordinaten der Sonne (aus dem Jahrbuch entnehmen),

x, y, z rechtwinkelige, heliozentrische Koordinaten des Himmelskörpers,

ξ, η, ζ rechtwinkelige, geozentrische Koordinaten des Himmelskörpers, so gilt mit Δ, α, δ wie oben:

$$\begin{aligned} \xi &= x + X = \Delta \cos \delta \cos \alpha \\ \eta &= y + Y = \Delta \cos \delta \sin \alpha \\ \zeta &= z + Z = \Delta \sin \delta \end{aligned} \quad (2)$$

Dividiert man η, ζ durch ξ , so erhält man die von den beobachteten Koordinaten abhängigen Größen

$$\begin{aligned} U &= \tan \alpha_i & i &= 1, 2, 3 & (3) \\ V &= \tan \delta_i \sec \alpha_i & & & \text{und es gilt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_i \cdot (x_i + X_i) &= y_i + Y_i \\ V_i \cdot (x_i + X_i) &= z_i + Z_i \end{aligned} \quad (3a) \quad \text{sowie}$$

$$\begin{aligned} U_i x_i - y_i &= P_i = Y_i - U_i X_i \\ V_i x_i - z_i &= Q_i = Z_i - V_i X_i \end{aligned} \quad (4)$$

Nun werden die vier Wertetripel U_i, V_i, P_i, Q_i sowie ihre ersten beiden Ableitungen ermittelt. Diese Ableitungen erhält man aus der Taylorreihe

$$f_i = f_0 + \dot{f}_0 \tau_i + \frac{1}{2} \ddot{f}_0 \tau_i^2 + \dots \quad i = 1, 2, 3$$

wobei f_i die Funktionswerte, τ die Zwischenzeit in $\frac{1}{k}$ Tagen mit $k = 0,01720209895$ und f_0 die Funktion zur Epoche t_0 (entweder $t_0 = t_2$ oder $t_0 = (t_1 + t_2 + t_3)/3$) bedeutet.

Sind mehr als drei Örter gegeben, so lassen sich damit weitere

Fortsetzung Referat: Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace ...

Ableitungen eliminieren, was höchstens bis zur vierten Ableitung sinnvoll ist. Mit diesen Werten lassen sich die Funktionen von $1/r^3$ finden. $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ heliozentrische Geschwindigkeitskomponenten.

$$x = M + \frac{m}{r^3} \quad \text{und} \quad -2\dot{x} = L + \frac{1}{r^3} \quad (5)$$

wobei gilt:

$$\begin{aligned} N &= (\ddot{U}\dot{V} - \dot{U}\ddot{V}) & L &= (\ddot{P}\dot{V} - \dot{P}\ddot{V}) / N \\ M &= (\ddot{P}\dot{V} - \dot{P}\ddot{V}) / N & l &= (\ddot{P}\dot{V} - \dot{P}\ddot{V}) / N \\ m &= (\ddot{P}\dot{V} - \dot{P}\ddot{V}) / N \end{aligned}$$

In Verbindung mit der geometrischen Beziehung $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ ergibt sich, worin r die Entfernung Komet-Sonne ist,

$$r^2 = x^2 (1 + U^2 + V^2) - 2x (UP + VQ) + (P^2 + Q^2)$$

2.2. Lagrange'sche Schlüsselgleichung

Setzt man zur Abkürzung:

$$I = (1 + U^2 + V^2); \quad J = (UP + VQ); \quad K = (P^2 + Q^2)$$

so erhält man die Lagrange'sche Schlüsselgleichung 8ten Grades in r

$$r^8 - r^6 (M^2I - 2MJ + K) - r^3 (2MmI - 2mJ) - m^2I = 0 \quad (6)$$

Diese Gleichung wird am besten mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners gelöst; sie besitzt 4 reelle Wurzeln. Davon ist eine Lösung negativ und somit, da r als Entfernung immer positiv sein muß, unbrauchbar. Es verbleiben 3 Lösungen, von denen eine, $r = 1$, die Erdbahnlösung darstellt. Ist $r = 1$ die mittlere Lösung, so läßt sich die Entscheidung treffen: Ist $|\psi| > \frac{\pi}{2}$, so ist $r > R$, worin R die Entfernung Erde-Sonne ist. Ist dagegen $|\psi| < \frac{\pi}{2}$, so gilt meist $r < R$, siehe Abbildung. Sind beide nicht triviale Lösungen größer oder kleiner als 1, so kann erst durch eine weitere Beobachtung, die dann durch die unzutreffenden Bahnelemente nicht dargestellt wird, die wahre Lösung ermittelt werden.

$$R \cos \psi = X \cos \delta \cos \alpha + Y \cos \delta \sin \alpha + Z \sin \delta$$

worin

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (7)$$

Mit r sind dann x und \dot{x} aus (5) bekannt; y und z errechnen sich aus (4); für \dot{y} und \dot{z} gilt

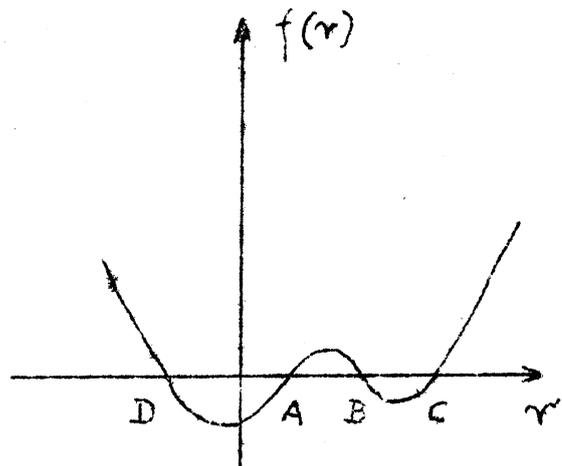
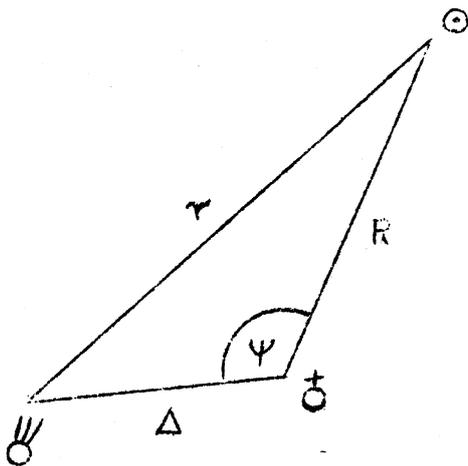
$$\dot{U}x + U\dot{x} - \dot{y} = \dot{P}; \quad \dot{V}x + V\dot{x} - \dot{z} = \dot{Q} \quad (8)$$

Damit ist ein genähertes System von Anfangswerten gewonnen worden.

Fortsetzung Referat: Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace ...

Das Dreieck Sonne-Erde-Komet; der Winkel ψ

Die vier reellen Nullstellen der Schlüsselgleichung



3. Das Verbesserungsverfahren

3.1. Entwicklung der rechtwinkligen heliozentrischen Koordinaten nach Potenzen der Zeit

Aus den Anfangswerten $x_0, y_0, z_0; \dot{x}_0, \dot{y}_0, \dot{z}_0$ berechnet man die x_i, y_i, z_i für alle t_i in der Form

$$x_i = F_i x_0 + G_i \dot{x}_0; \quad y_i = F_i y_0 + G_i \dot{y}_0; \quad z_i = F_i z_0 + G_i \dot{z}_0$$

worin F und G Funktionen der Zwischenzeit $\tau = k(t - t_0)$ und der lokalen Invarianten, die bei uns $\mu_0, \sigma_0, \epsilon_0$ heißen, sind.

$$\mu_0 = \frac{1}{r^3}; \quad \sigma_0 = \frac{x \dot{x} + y \dot{y} + z \dot{z}}{r^2}; \quad \omega_0 = \frac{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}{r^2} \quad (9)$$

worin $\omega_0 = \epsilon_0 + \mu_0$. F und G lassen sich durch Potenzreihen darstellen:

$$F = f_0 + f_1 \tau + f_2 \frac{\tau^2}{2!} + \dots + f_n \frac{\tau^n}{n!}$$

$$G = g_0 + g_1 \tau + g_2 \frac{\tau^2}{2!} + \dots + g_n \frac{\tau^n}{n!} \quad (10)$$

worin

$f_0 = 1$	$g_0 = 0$
$f_1 = 0$	$g_1 = 1$
$f_2 = -\mu$	$g_2 = 0$
$f_3 = 3\mu\sigma$	$g_3 = -\mu$
$f_4 = -15\mu\sigma^2 + 3\mu\epsilon + \mu^2$	$g_4 = 6\mu\sigma$
$f_5 = 105\mu\sigma^3 - 45\mu\epsilon\sigma - 15\mu^2\sigma$	$g_5 = -45\mu\sigma^2 + 9\mu\epsilon + \mu^2$

Fortsetzung Referat: Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace ...

$$f_6 = -945\mu\sigma^4 + 630\mu\varepsilon\sigma^2 + 210\mu^2\sigma^2 - 45\mu\varepsilon^2 - 24\mu^2\varepsilon - \mu^3$$

$$g_6 = 420\mu\sigma^3 - 180\mu\varepsilon\sigma - 30\mu^2\sigma$$

$$\text{Allgemein gilt: } f_{n+1} = f_n - \mu_0 g_n; \quad g_{n+1} = g_n + f_n$$

Üblicherweise reicht bei nicht allzu großen τ die Entwicklung bis zur 6. Potenz völlig aus.

3.2. Die Berechnung der Verbesserungen

Es seien x_i^* , y_i^* , z_i^* die neu berechneten Koordinaten. Man bilde:

$$U_i^* = \frac{y_i^* + Y_i}{x_i^* + X_i}; \quad V_i^* = \frac{z_i^* + Z_i}{x_i^* + X_i} \quad (11)$$

$$\Delta U_i = U_i - U_i^*; \quad \Delta V_i = V_i - V_i^*$$

Sind Δx , Δy , Δz ; $\dot{\Delta x}$, $\dot{\Delta y}$, $\dot{\Delta z}$; ΔF_i ; ΔG_i die anzubringenden Verbesserungen, so gilt bei $t_2 \neq t_0$

$$G_i \dot{\Delta y} - U_i G_i \dot{\Delta x} + F_i \Delta y - U_i F_i \Delta x = (x_i + X_i) \Delta U_i + R_i$$

$$G_i \dot{\Delta z} - V_i G_i \dot{\Delta x} + F_i \Delta z - V_i F_i \Delta x = (x_i + X_i) \Delta V_i + S_i$$

worin, mit $i = 1, 2, 3$,

$$R_i = \Delta F_i [V_i (x_0 + \Delta x) - (y_0 + \Delta y)] + \Delta G_i [U_i (\dot{x}_0 + \dot{\Delta x}) - (\dot{y}_0 + \dot{\Delta y})]$$

$$S_i = \Delta F_i [V_i (x_0 + \Delta x) - (z_0 + \Delta z)] + \Delta G_i [V_i (\dot{x}_0 + \dot{\Delta x}) - (\dot{z}_0 + \dot{\Delta z})]$$

Ist $t_2 = t_0$, somit $\Delta y = U_2 \Delta x$; $\Delta z = V_2 \Delta x$, so vereinfachen sich die Formeln zu:

$$G_i \dot{\Delta y} - U_i G_i \dot{\Delta x} - F_i (U_i - U_2) \Delta x = (x_i + X_i) \Delta U_i + R_i$$

$$G_i \dot{\Delta z} - V_i G_i \dot{\Delta x} - F_i (V_i - V_2) \Delta x = (x_i + X_i) \Delta V_i + S_i$$

Eine Möglichkeit der Auflösung besteht darin, die R_i , S_i ganz zu vernachlässigen und nach jeder Iteration die ΔU , ΔV mit (11) neu zu berechnen, bis sie 0 werden. Die letzte Iteration wird mit der um die Lichtzeit korrigierten Beobachtungszeit durchgeführt.

$$\Delta = (x_i + X_i) \sec \delta_i \sec \alpha_i \quad (14)$$

4. Zusätzliche Beobachtungen

Sind mehr als drei Beobachtungen gegeben, so berechne man mit den

Fortsetzung Referat: Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace ...

aus einer früheren Bahnbestimmung stammenden Anfangswerten x_0, y_0, z_0 ; $\dot{x}_0, \dot{y}_0, \dot{z}_0$ für alle Beobachtungszeiten t_i die Größen $F_i, G_i, x_i, y_i, z_i; \Delta U_i, \Delta V_i$ für $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Es ergeben sich aus (12) $2n$ Gleichungen und damit $2n-6$ Überbestimmungen. Vernachlässigt man wieder die R_i, S_i , so lassen sich die Gleichungen

$$a_i \cdot \Delta x + \dots + f_i \cdot \Delta z = g_i \quad (\text{in allgemeinsten Form})$$

mit einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate nach den 6 Unbekannten auflösen. Es ist sinnvoll, die Epoche t_0 in die Mitte des alle Beobachtungen überdeckenden Intervalls mit Hilfe der Entwicklungsformen F_0, G_0 zu legen.

5. Die Bahnelemente

Vor der Berechnung der Kegelschnittselemente aus den lokalen Elementen müssen noch die in allgemeinen rechtwinkligen heliozentrischen Äquatorkoordinaten x, y, z in ekliptikale Koordinaten umgewandelt werden:

$$\bar{x} = x; \quad \bar{y} = y \cos \varepsilon + z \sin \varepsilon; \quad \bar{z} = z \cos \varepsilon - y \sin \varepsilon$$

worin die Schiefe der Ekliptik, ε , für den Beobachtungstermin berechnet werden muß, siehe Sternfreunde-Seminar 1977.

Man erhält nun die Bahnelemente i (Bahnneigung), δ (Länge des aufsteigenden Knotens) und den Bahnparameter p aus:

$$\begin{aligned} \sqrt{p} \cdot \sin i \cdot \sin \delta &= \bar{y} \dot{z} - \bar{z} \dot{y} \\ \sqrt{p} \cdot \sin i \cdot \cos \delta &= \bar{z} \dot{x} - \bar{x} \dot{z} \\ \sqrt{p} \cdot \cos i &= \bar{x} \dot{y} - \bar{y} \dot{x} \end{aligned} \quad (15)$$

Mit dem Argument der Breite u aus:

$$r \cdot \sin u \cdot \sin i = z$$

und der wahren Anomalie v ergibt sich die numerische Exzentrizität e :

$$e \cdot \cos v = \frac{p}{r} - 1; \quad (16)$$

$$e \cdot \sin v = \frac{\sqrt{p}}{r} (x \dot{x} + y \dot{y} + z \dot{z})$$

Ferner folgt das Argument des Perihels ω , die große Halbachse a und die Periheldistanz q aus:

$$a = \frac{p}{1 - e^2} \quad (17)$$

$$q = \frac{p}{1 + e} \quad (18)$$

$$\omega = u - v \quad (19)$$

Der Perihelitermin T ergibt sich aus:

$$T = t_0 - \frac{1}{k} \cdot \tau_0 \quad (20)$$

Fortsetzung Referat: Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace ...

und τ_0 ergibt sich je nach der Bahnform:

a) Parabolische Bahn, $e = 1$:

$$\tau_0 = \sqrt{2q^3} \cdot \left(\tan(v/2) + \frac{1}{3} \tan^3(v/2) \right)$$

b) Elliptische Bahn, $0 < e < 1$:

$$\tau_0 = \sqrt{+a^3} \cdot (E - e \cdot \sin E); \quad E \text{ berechnet man aus:}$$

$$\tan(E/2) = \sqrt{(1-e)/(1+e)} \cdot \tan(v/2)$$

c) Hyperbolische Bahn, $e > 1$:

$$\tau_0 = \sqrt{-a^3} \cdot \left(e \cdot \tan H + \ln \tan \left(\frac{z}{4} - \frac{H}{2} \right) \right); \quad H \text{ berechnet man aus:}$$

$$\tan(H/2) = \sqrt{(e-1)/(e+1)} \cdot \tan(v/2)$$

Mit diesen Bahnelementen läßt sich dann die Ephemeride berechnen; siehe Sternfreunde-Seminar 1977.

6. Anmerkungen

Die Größen U, V, P, Q müssen im ganzen Intervall stetig sein und möglichst flach verlaufen.

Wenn sich die α bzw. δ 90° oder 270° nähern, so hat man statt wie nach (3) die Größen U, V, P, Q folgendermaßen zu bilden:

a) $U = \tan \delta \cdot \operatorname{cosec} \alpha$; $V = \cot \alpha$; $P = Z - UY$; $Q = X - VY$
 b) $U = \cot \delta \cdot \cos \alpha$; $V = \cot \delta \cdot \sin \alpha$; $P = X - UZ$;
 $Q = Y - VZ$.

Die übrigen Ausdrücke ergeben sich durch zyklische Vertauschung. Fallen die drei sphärischen Örter auf einen größten Kreis, liegen die drei sphärischen Örter in der Ekliptik (Äquator) oder fallen zwei sphärische Örter zusammen (Schleife), so muß noch ein weiterer sphärischer Ort hinzugenommen werden.

In der hier behandelten Lösung des Bahnbestimmungsproblems wurden sämtliche Störungen vernachlässigt weil sie über ein kurzes Zeitintervall in ihrer Wirkung kleiner als die zufälligen Beobachtungsfehler gelten dürfen.

7. Beispiel

Komet 1975 IX = 1975 h (Kobayashi-Berger-Milon)

Beobachtungen: Dr. Herbert Fiala, Kaumberg NÖ, Teleobjektiv 75/135mm, siehe Referat "Amateuraufnahmen von Kometen; Beobachtungsergebnisse".

	1975 UT	Rekt 50,0	Dekl 50,0	m	Koma	Schweif
I	Jul. 26,92118	15h59m34 ^s	+58°44,5'	7"	12'	
II	Jul. 34,85243	13 11 57	+53 18,9	5	12	2°
III	Jul. 40,85694	12 22 00	+47 56,3	6	14	4

Fortsetzung Referat: Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace ...

Umwandlung der Weltzeiten UT in Ephemeridenzeiten ET: $ET = UT + 46^S$;
 äquatoreale, geozentrische Sonnenkoordinaten X,Y,Z aus den "Astro-
 nomical Ephemeris 1975":

	1975 ET	X 50,0	Y 50,0	Z 50,0
I	Jul.26,92171	-0,5521775	0,7820058	0,3391009
II	Jul.34,85296	-0,6592595	0,7076770	0,3068669
III	Jul.40,85747	-0,7326349	0,6429019	0,2787825

Kometenörter, verbessert auf Fixsternaberration:

	1975 ET	α 50,0	δ 50,0
I	Jul.26,92171	239,89583 ^o	+58,74639 ^o
II	Jul.34,85296	197,98333	+53,32000
III	Jul.40,85747	185,49583	+47,94250

Für $t_0 = t_2$:

$$U = 0,32459806 \quad V = -1,411539542 \quad r = 0,888 \text{ AE}$$

$$\tau_1 = -0,136434147 \quad \tau_3 = 0,103290175$$

Genäherte Anfangswerte:

$$\begin{aligned} x &= 0,3952152 & \dot{x} &= -0,6727457 \\ y &= -0,7933853 & \dot{y} &= 1,2509567 \\ z &= 0,0658421 & \dot{z} &= 0,7713352 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 1,42810817 & F_1 &= 0,98900209 & G_1 &= -0,135981902 \\ \sigma_0 &= -1,53140936 & F_3 &= 0,990951867 & G_3 &= 0,102951231 \\ \varepsilon_0 &= 1,884888075 & & & & \end{aligned}$$

1.Iteration:

$$\begin{aligned} x &= 0,3931819 & \dot{x} &= -0,6078795 \\ y &= -0,7940455 & \dot{y} &= 1,0412318 \\ z &= 0,0687125 & \dot{z} &= 0,9880892 \end{aligned}$$

Verbesserung auf Parallaxe:

$$U = 0,32471594 \quad V = -1,41167430$$

Verbesserung auf Lichtzeit:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= -0,136418321 & \tau_3 &= 0,103276241 \\ F_1 &= 0,98869881 & G_1 &= -0,13594480 \\ F_3 &= 0,99126832 & G_3 &= 0,10295413 \end{aligned}$$

2.Iteration:

$$\begin{aligned} x &= 0,3963375 & \dot{x} &= -0,5472684 & \bar{x} &= 0,3963375 & \ddot{x} &= -0,5472684 \\ y &= -0,7930469 & \dot{y} &= 1,0221599 & \bar{y} &= -0,7020310 & \ddot{y} &= 1,3174229 \\ z &= 0,0641891 & \dot{z} &= 0,9541936 & \bar{z} &= 0,3744277 & \ddot{z} &= 0,4687145 \\ \tau_0 &= -0,558188 & v &= 267,36^o & & & & \end{aligned}$$

Fortsetzung Referat: Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace ...

Es ergeben sich folgende Bahnelemente:

T	Periheltermin	+1975 09 05,300 ET
ω	Perihelargument	117,85° (+1950,0)
δ	Knotenlänge	295,41° (+1950,0)
i	Bahnneigung	81,38° (+1950,0)
q	Periheldistanz	0,42395 AE
e	Numerische Exzentrizität	1,00203
H ₁₀	Reduzierte Helligkeit	+7,3 ^m (m ₁)

Man vergleiche dieses Ergebnis mit dem definitiven Elementensatz aus dem "Catalogue of Cometary Orbits" von B.Marsden, der aus 296 scharfen Positionen über einen Bereich von Juli bis Dezember 1975 abgeleitet wurde und die Störungen von 5 Planeten berücksichtigt:

T	Periheltermin	+1975 09 05,3348 ET
ω	Perihelargument	116,9756° (+1950,0)
δ	Knotenlänge	295,6526° (+1950,0)
i	Bahnneigung	80,7779° (+1950,0)
q	Periheldistanz	0,425561 AE
e	Numerische Exzentrizität	1,000095

In Anbetracht der sehr kurzen Aufnahmebrennweite von nur 135mm, von nur drei Beobachtungen und der Vernachlässigung der Planetenstörungen ist das Ergebnis erfreulich gut!

Literatur

- K.Stumpff, Himmelsmechanik, Bd.1, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1959.
- F.Brünnow, Lehrbuch der Sphärischen Astronomie, Verlag C.Bertelsmann, Gütersloh 1880.
- B.Marsden, Catalogue of Cometary Orbits, IAU Central Bureau for Astronomical Telegrams, 3rd Edition, Cambridge 1979.

Robert Weber
Reclanngasse 8
A-1220 Wien

Gastvortrag: Die Bahn des Kometen P/Tempel I - Beispiel für eine sehr stark gestörte Kometenbahn.

Der Komet P/Tempel I wurde 1867 entdeckt und 1873 sowie 1879 wieder beobachtet; er besitzt eine Umlaufszeit von etwa 6 Jahren. Lange blieb er dann verschollen.

Die Bearbeitung der Bahn dieses Kometen ist deshalb besonders schwierig, weil sie durch Jupiter des öfteren auf das heftigste gestört wird; so auch um 1869 - 1870. Die beste bisherige Bearbeitung stammt von Gautier in Genf, der aber aus obigem Grund nur die Erscheinungen 1873 und 1879 berücksichtigte.

Dem Unterzeichneten wurde die Bearbeitung dieses Kometen bereits 1936 nahegelegt und er rechnete auch beträchtlich daran, wandte sich aber schließlich anderen Aufgaben zu.

1964 erfuhr der Unterzeichnete, daß Dr.Schubart in Heidelberg für die Zwecke der Störungsrechnung ein Programm für elektronische Rechenmaschinen entworfen hatte, das vor allem für die Kleinplaneten gedacht war, aber natürlich genau so gut auf Kometen angewandt werden kann. Dr.Schubart führte auf Bitte des Unterzeichneten die erforderlichen Störungsrechnungen durch; die so gefundene Bahn stellt die Beobachtungen von 1867, 1873 und 1879 tadellos dar. Sie war damit wesentlich genauer als die von Gautier. Dr.Schubart setzte dann die Störungsrechnung bis in die neueste Zeit fort und mit diesen Ergebnissen wurde dann der Komet von Frau Dr.Roemer 1967 wiederentdeckt - allerdings nur mit einer einzigen Beobachtung, so daß die Identifikation zunächst zweifelhaft blieb. 1972 fand Dr.Roemer diesen Kometen erneut auf, aber diesmal absolut verlässlich; auch auf einer Reihe anderer Sternwarten wurde er beobachtet, insbesondere von Mrkos auf der Klet'-Sternwarte, nahe Budweis in Südböhmen.

Aus den Beobachtungen der alten und neuen Erscheinungen wurde nochmals eine Bahn berechnet und auch diesmal wurde das Programm von Dr.Schubart verwendet, aber in einer Kopie, die Dr.Schubart dankenswerter Weise dem Unterzeichneten übermittelte, so daß alle Störungsrechnungen in Wien durchgeführt werden konnten. Diese Bahn ist nun noch genauer als die bisherigen. Nichtgravitationelle Kräfte mußten bei diesem Kometen niemals angenommen werden, wie dies bei vielen Kometen nötig ist.

Damit ist der Komet P/Tempel I für die Wissenschaft gerettet.

Univ.-Prof.Dr.Guntram Schrutka-Rechtenstamm
Cottagegasse 56, A-1190 Wien.

Referat: Der "Catalogue of Cometary Orbits" von B.Marsden.

In der dritten Auflage dieses Kataloges, der als Reproduktion eines Computerausdruckes vom Central Bureau for Astronomical Telegrams, International Astronomical Union, SAO, Cambridge, Mass.02138, USA, 1979 herausgegeben wurde, werden Elemente und sonstige Angaben zur Raumbahn von Kometen zusammengefaßt, deren Perihelie zwischen -86 08 02 und +1979 02 12 liegen; es sind 1027 Kometenerscheinungen.

1. Bahnelemente

Geordnet nach den Periheliterminen, werden die auf das Äquinoktium +1950,0 bezogenen Bahnelemente sowie Umlaufzeiten unter 1000 Jahren, Oskulationsepochen, Zahl der zur Bahnrechnung verwendeten Beobachtungen samt zugehörigem Zeiträumen sowie Zahl der Planeten, deren Störungen berücksichtigt wurden, angegeben; siehe Probeseite, auf der die Elemente des Kometen 1975 IX = 1975 h (Beispiel aus dem Referat "Bahnbestimmung nach dem Prinzip von Laplace ...") unterstrichen sind. Winkelangaben in Graden, Längenangaben in AE.

2. Namen und Beobachtungszeiträume

Zu den offiziellen Bezeichnungen werden die besonderen Eigennamen der Kometen sowie Anfang und Ende des Beobachtungszeitraums gegeben.

3. Quellenangaben und Anmerkungen

Es werden die Veröffentlichungen genannt, in denen die Publikation der im Katalog genannten Bahnelemente erfolgte. Auf die Auswahl der jeweils "besten" Bahn wurde großer Wert gelegt. Auch auf die Zahl der verwendeten Normalörter wird hingewiesen.

4. Periodische Kometen

Geordnet nach Umlaufzeit, werden die Erscheinungen der periodischen Kometen besonders zusammengestellt. Soweit bekannt, sind auch die nichtgravitationellen Parameter (nichtgravitationelle Beschleunigungskomponenten A1 und A2) angegeben.

5. Statistische Tafeln

Sie beziehen sich auf periodische Kometen unter 200 Jahren Umlaufzeit sowie auf Kometen, die in elliptischen Bahnen mit über 200 Jahren Umlaufzeit, auf parabolischen und hyperbolischen Bahnen laufen. Zwecks rascher Identifikation eines neu berechneten Kometen sind die Tabellen jeweils nach Perihellänge, Neigung, Knoten und Periheldistanz geordnet.

6. Zur Geschichte der Bahnelementen-Kataloge

Aus der jüngeren Vergangenheit stammen folgende Katalogwerke:

J.Galle, Verzeichniss der Elemente der bisher berechneten Cometen-

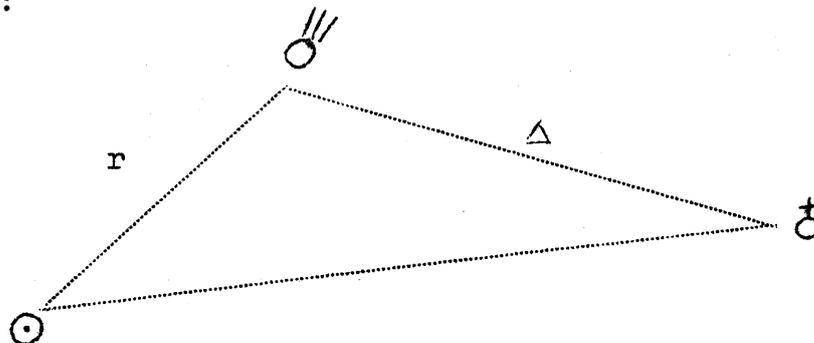
Fortsetzung Referat: Der "Catalogue of Cometary Orbits" von B.Marsden
bahnen, 1894 / A.C.D.Crommelin, Comet Catalogue ..., 1925 / A.S.
Yamamoto, Preliminary General Catalogue of Comets, 1936 / F.Baldet -
G.Obaldia, Catalogue Général des Orbites de Comètes, 1952 / J.G.
Porter, Catalogue of Cometary Orbits, Equinox 1950,0, 1961.

COMET	Y	Q	E	P	PERI.	NODE	INCL.	EPOCH	OBS.	ARC
1974 VII	74 MAY	12.6611	0.621947	6.76	352.6739	75.1176	30.2155	74 MAY 13	40*	1932 - 1975
1974 VIII	74 MAY	12.9631	0.978898	525	176.7406	165.0304	173.1648	74 JUNE 17	17	74 JUNE 27 - 74 OCT 08
1974 IX	74 MAY	20.1267	0.551028	6.40	259.9228	25.1976	4.0250	74 JUNE 2	-0.27*	1942 - 1961
1974 X	74 JULY	3.9489	0.699181	6.95	322.1278	41.7813	3.6454	74 JULY 12	-0.02*	1953 - 1967
1974 XI	74 JULY	5.6655	0.614209	5.87	351.8501	83.5425	12.2677	74 JULY 12	-0.07*	1948 - 1967
1974 XII	74 AUG.	7.7759	1.003948		151.7654	225.4027	60.9578	74 AUG. 21	41	74 NO 12 - 76 OC 31
1974 XIII	74 SEPT.	12.3591	0.385527	6.51	357.3139	125.9685	3.7273	74 SEPT.30	-0.02*	1941 - 1969
1974 XIV	74 NOV.	4.4230	0.342421	6.98	196.2884	15.0056	24.4017	74 NOV. 9	8	75 JE 10 - 75 OC 04
1974 XV	74 DEC.	1.5229	0.864646	1.0	324.9597	50.6446	134.8232	74 DEC. 19	15	74 NO 14 - 74 NO 24
1974 XVI	74 DEC.	28.1444	0.578869	5.28	184.5683	232.9804	13.1337	74 DEC. 19	32*	1964 - 1975
1975 I	75 JAN.	5.6313	1.093694	11.0	11.1276	26.9698	5.9117	74 DEC. 19	44	75 FE 05 - 75 JE 03
1975 II	75 JAN.	15.5501	0.880784	1.002153	193.4247	23.0874	112.0202	75 JAN. 28	52	76 FE 25 - 78 JA 09
1975 III	75 JAN.	18.1941	1.568036	6.23	169.7589	273.1904	5.4180	75 JAN. 28	25	75 FE 09 - 76 AP 29
1975 IV	75 FEB.	25.7828	1.398348	6.12	358.0065	84.6569	30.0802	75 MAR. 9	36	74 OC 15 - 75 MY 30
1975 V	75 APR.	4.5793	1.216939	1.001410	264.1272	157.2120	55.2500	75 APR. 18	52	75 MR 15 - 76 MR 07
1975 VI	75 MAY	24.6836	1.846905	7.98	46.9222	355.6584	19.9556	75 MAY 28	+0.01*	1951 - 1967
1975 VII	75 AUG.	6.3586	3.567242	8.53	90.2038	77.1001	6.8415	75 SEPT.25	39	75 MR 04 - 76 JE 20
1975 VIII	75 AUG.	22.1813	3.011456	0.996602	261.3640	11.6714	50.6422	75 AUG. 16	120	74 MR 21 - 77 SE 11
1975 IX	75 SEPT.	5.2348	0.425261	1.009092	116.9756	225.6526	80.7779	75 SEPT.25	226	75 JUNE 06 - 75 DE 06
1975 X	75 OCT.	15.3602	0.838047	0.985653	152.0241	216.1091	118.2381	75 NOV. 4	82	75 OC 06 - 76 JA 04
1975 XI	75 DEC.	21.1813	0.218719	1.000001	358.0972	270.6124	70.6259	75 DEC. 14	70	75 NO 13 - 76 JA 26
1975 XII	75 DEC.	25.8775	1.603933	0.997450	246.2475	277.9800	91.6061	75 DEC. 14	177	75 OC 06 - 76 SE 20
1976 I	76 JAN.	3.9212	0.863968	1.001214	215.4724	280.7962	93.9534	76 JAN. 23	59	75 DE 09 - 76 FE 04
1976 II	76 JAN.	25.3563	2.500771	0.395685	161.1452	203.8086	27.3320	76 JAN. 23	-0.03	1925 - 1967
1976 III	76 FEB.	10.8266	2.444534	6.80	197.4802	67.9766	10.3879	76 JAN. 23	43	1970 - 1976
1976 IV	76 FEB.	24.6386	0.847810	0.993811	313.0044	160.0926	46.8403	76 MAR. 3	32	76 FE 21 - 76 MY 28
1976 V	76 FEB.	25.061	0.67832	1.0	221.755	69.495	147.776	76 MAR. 3	11	76 MR 05 - 76 MR 27
1976 VI	76 FEB.	25.2216	0.196626	0.999971	358.4190	118.2313	43.0700	76 MAR. 3	218	75 AU 10 - 76 SE 25
1976 VII	76 APR.	7.2512	1.298486	0.630567	11.3139	50.3750	7.1250	76 APR. 12	55	1969 - 1975
1976 VIII	76 APR.	21.8382	1.776310	0.540040	138.4528	336.7758	10.1689	76 APR. 12	-0.1	1955 - 1969
1976 IX	76 JULY	6.3876	5.857415	1.003931	118.7960	285.3383	86.6298	76 JULY 1	28	76 NO 22 - 78 FE 10
1976 X	76 AUG.	10.1937	1.765580	0.641717	148.8816	181.5717	10.6401	76 AUG. 10	62	1965 - 1977
1976 XI	76 AUG.	12.8714	1.164003	0.656148	178.9255	141.3525	16.6501	76 AUG. 10	30*	1963 - 1976
1976 XII	76 OCT.	31.9849	5.715012	1.003168	146.2782	337.4708	64.5217	76 OCT. 29	13	77 FE 27 - 78 FE 04
1976 XIII	76 NOV.	3.1501	1.568877	0.999695	193.2540	80.7206	38.8059	76 OCT. 29	41	76 AP 27 - 76 OC 25
1976 XIV	76 NOV.	28.7406	1.254216	0.634702	172.3627	92.7431	22.2942	76 DEC. 8	-0.01*	1939 - 1970
1977 I	77 JAN.	8.4603	2.195663	0.386067	206.2124	117.7956	13.9067	77 JAN. 17	-0.01	1949 - 1964
1977 II	77 JAN.	11.4169	1.950848	0.465643	355.5670	108.2105	20.5459	77 JAN. 17	18	(1915) - 1977
1977 III	77 FEB.	22.5568	4.663515	0.237034	15.1	178.0493	4.3586	77 FEB. 26	7	77 AP 24 - 77 JE 17
1977 IV	77 FEB.	27.8318	1.609767	0.575613	203.6587	199.0854	9.0910	77 FEB. 26	-0.01*	1932 - 1970
1977 V	77 MAR.	7.9796	1.571990	0.545360	162.9071	120.3324	4.7243	77 FEB. 26	-0.00*	1958 - 1970
1977 VI	77 APR.	11.0032	0.993374	0.664709	359.3221	212.6439	21.1037	77 APR. 7	-0.00*	1952 - 1972
1977 VII	77 APR.	23.2676	3.424276	0.151860	231.4871	242.5518	1.1012	77 APR. 7	20	75 OC 27 - 77 MR 22
1977 VIII	77 JUNE	30.9729	1.117568	1.0	249.3525	19.4429	43.1893	77 APR. 7	30	77 AP 16 - 77 MY 15
1977 IX	77 JULY	21.5134	5.606194	1.002648	343.2849	210.9269	116.9355	77 AUG. 5	44	76 MR 30 - 78 JE 02
1977 X	77 JULY	24.7514	3.602840	1.0	318.1487	4.5840	168.5421	77 AUG. 5	46	77 NO 03 - 78 JA 16
1977 XI	77 AUG.	17.0095	0.340657	0.846475	185.9551	334.2081	11.9387	77 AUG. 5	62*	1963 - 1977
1977 XII	77 SEPT.	17.5562	1.810591	0.663913	162.0830	182.2660	18.6373	77 SEPT.14	13	77 SE 13 - 78 JA 31
1977 XIII	77 OCT.	28.6115	1.538484	0.580148	147.7171	300.0120	7.0347	77 SEPT.14	7	78 FE 11 - 78 MR 14
1977 XIV	77 NOV.	10.5699	0.990575	0.999546	163.4877	181.6234	48.7182	77 OCT. 24	326	77 SE 06 - 78 MR 30

Referat: Die Helligkeit der Kometen.

1. Scheinbare Helligkeiten

Erst 1970 hat die IAU offiziell seitens ihrer Kommission 20 (Lit.1) die Unterscheidung zwischen "Scheinbarer Gesamthelligkeit" m_1 und "Scheinbarer Kernhelligkeit" m_2 eines Kometen in Größenklassen allgemein empfohlen. Bei der Reduktion der gemessenen Werte ist nicht nur auf Extinktion, sondern auch auf Fernrohröffnung zu achten. Im Moment der Messung besitzt der Komet den Abstand r von der Sonne und Δ von der Erde:



Die Beobachtung von Kometenhelligkeiten schlechthin gehen bereits auf Kepler, Hevelius, Cysat und Flamsteed, also vorzüglich auf das 17. Jahrhundert, zurück; im 18. Jahrhundert wurden genauere Beurteilungen von Messier, Herschel, Olbers bis herauf zu den ersten photometrischen Messungen von Müller im 19. Jahrhundert vorgenommen. Im 20. Jahrhundert schließlich wurde in mehr oder weniger engen Spektralbereichen gemessen: Visuell, photographisch und lichtelektrisch in einem der besonderen Eigenart des Kometenspektrums angepaßten, sich vom UBV-System unterscheidenden System. Man mißt vorteilhaft die Kometenemission bei: 388 nm, 474 nm (CN); 517 nm (C₂); 589 nm (Na) und, besonders im Schweif, 427 nm (CO⁺).

2. Änderung der scheinbaren Helligkeiten

Sie wurde bereits von Newton durch die Annahme erklärt, daß Kometen in reflektiertem Sonnenlicht leuchten und daß ihre scheinbaren Helligkeiten somit entgegen r^2 und Δ^2 laufen müßten. Er beabsichtigte sogar, daraus die Entfernung des Kometen abzuschätzen.

Erst der österreichische Astronom Holetschek, der eine ausführliche Untersuchung über Größe und Helligkeit der Kometen und ihrer Schweife um die Jahrhundertwende durchführte (Lit.2), bemerkte Abweichungen von diesem Gesetz:

$$m = H_1 + 5 \log \Delta + 5 \log r \quad (1)$$

in welchem H_1 die auf $r = \Delta = 1$ reduzierte scheinbare Helligkeit, die "reduzierte" oder "absolute" Helligkeit der betreffenden Ko-

Fortsetzung Referat: Die Helligkeit der Kometen

metenerscheinung und m die scheinbare Helligkeit bedeutet. Nur wenig später versuchte S.Orlow, die beiden photometrischen Parameter einer Kometenerscheinung, n und H_0 , wie folgt zu ermitteln:

$$H_0 = m - 5 \log \Delta - 2,5 n \log r . \quad (2)$$

Um 1925 untersuchte S.Vsekhsvyatskii (Lit.3) die Helligkeiten von neuentdeckten Kometen über große heliozentrische Abstandsbereiche weg und fand die reduzierte Helligkeit H_{10} mit $y = 2,5 n = 10$ durch

$$H_{10} = m - 5 \log \Delta - 10 \log r \quad (3)$$

bemerkenswert konstant. Er stellte fest, daß y mit der Annäherung an das Perihel abnimmt und bestätigte die Ergebnisse von Berberich, der am Encke'schen Kometen Einflüsse der Sonnenaktivität festgestellt hatte, auch an anderen Kometen.

3. Reduzierte Helligkeit

Es stellte sich bald heraus, daß die überwiegende Mehrheit der Kometen dem Gesetz (3) folgt. S.Vsekhsvyatskii gab erstmals 1933 einen Generalkatalog der reduzierten Kometenhelligkeiten H_{10} heraus. Bis 1957 finden sich die H_{10} in (Lit.4) und einigen späteren Supplementbänden bis herauf in die nahe Vergangenheit.

Auch bei meiner (Lit.5) über den Bereich -86 bis +1950 durchgeführten Katalogarbeit hat sich an 145 Kometen gezeigt, daß in der ganz großen Mehrheit der Fälle die beobachteten Helligkeiten etwa innerhalb 1 Größenklasse durch (3) wiedergegeben werden.

4. Kurzfristige Schwankungen der reduzierten Helligkeit

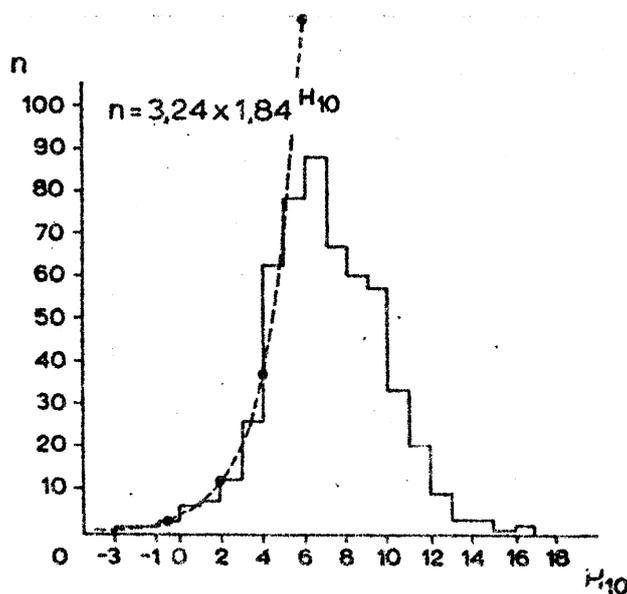
Sie werden durch die Sonnenaktivität und durch die Verhältnisse des interplanetaren Raumes, sowie durch Drehung des Kerns und durch Unregelmäßigkeiten in der Verdampfung der obersten Schichten des Kometenkerns hervorgerufen. So konnten z.B. beim Kometen P/Schwassmann-Wachmann 1 Helligkeitsausbrüche über viele Umläufe weg beobachtet werden, die eine Periode von 25 bis 30 Tagen hatten. Der Komet wird mit den geomagnetischen Störungen heller. Zu gewissen Zeiten reichen die radialen Strahlen der äußeren Sonnenkorona mit ihren Auswirkungen sogar über die Jupiterbahn hinaus und bleiben auch nicht auf die Nähe der Erdbahnebene beschränkt.

Alle diese Ursachen nehmen H_{10} , dem physikalischen Bahnelement, bis zu einem gewissen Grad seine Konstanz und man kann nach Funktionen suchen, die H_{10} über einen oder gar über mehrere Umläufe hin darstellen. In Hinblick auf die große Verschiedenheit der Kometen hat dies aber nur individuellen Wert.

5. Säkulare Änderung der reduzierten Helligkeit

Bis 1970 konnten an 603 Kometen gute reduzierte Helligkeiten H_{10} abgeleitet werden (Lit.6).

Betrachten wir nur die ersten Erscheinungen kurzperiodischer Kometen, so zeigt sich der Zusammenhang zwischen der Zahl dieser Kometen und ihren H_{10} wie folgt:



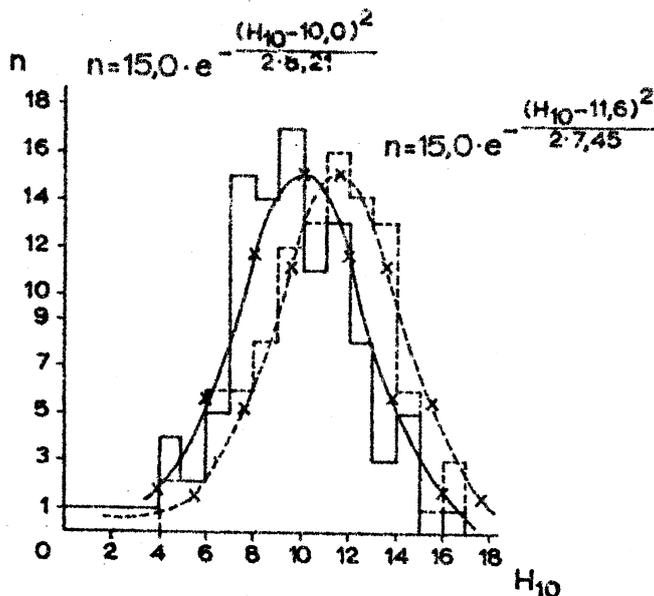
Die H_{10} liegen zwischen -3^m und $+17^m$ und die Zahl n läßt sich aus dem Ast vor dem Maximum bei $+6,5^m$ durch $n = 3,24 \cdot 1,84^{H_{10}}$ darstellen. Extrapoliert man damit n bis $H_{10} = +17^m$, so erhält man 10^5 Kometen heller als $H_{10} = +17^m$. Diese Überlegungen beziehen sich auf das Intervall von +1700 bis +1969 und auf Periheldistanzen von 2 - 3 AE im Mittel. Wegen der beobachtungstechnisch bedingten Auslese ergeben sich aber nur die durch den Nachmaximumsast der Kurve dargestellten Zahlen. Das bedeutet, daß die übergroße Mehrzahl der Kometen von der Erde aus unbeobachtbar bleiben muß.

Erstellt man zwei ähnliche Kurven für die ersten (voll) bzw. für die letzten (strichliert) Erscheinungen periodischer Kometen mit Umlaufzeiten unter 200 Jahren, so ergibt sich folgender Zusammenhang, wobei die mittlere Epoche für die erste Erscheinung bei +1878 und jene der letzten Erscheinung bei +1927 liegt. Die Gleichungen, welche diese Kurven darstellen, sind wieder dazugeschrieben.

Es zeigt sich also, daß während dieser 50 Jahre sich die Maxima von $H_{10} = +10,0$ bis $H_{10} = +11,6$ verschoben haben, sodaß eine säkulare Verminderung der H_{10} um $+1,6^m$ für die mittlere Umlaufzeit von 11 Jahren eintritt. Das bedeutet eine Verkleinerung von $+0,3^m$ bis $+0,4^m$

Fortsetzung Referat: Die Helligkeit der Kometen

pro Umlauf, ist also ein klarer Nachweis für die Auflösung der Kometen.



Über dieser säkularen Veränderung der H_{10} liegen die kurzfristigen Schwankungen bis zu 1^m , siehe Punkt 4.

6. Schlußfolgerung

Bei gut bekanntem H_{10} kann somit der mittlere Verlauf der scheinbaren Helligkeiten dargestellt werden, der dem wahren innerhalb einer Größenklasse entspricht, und zwar genauer für den allgemeiner reagierenden Kopf als für den Kern, der sehr individuell reagieren kann. Hat die Komaaktivität noch nicht begonnen, kann man aus dem reflektierten Sonnenlicht des Kerns allein noch nicht jene Eigenschaften erkennen, die sich erst in größerer Sonnennähe ausbilden und die scheinbare Gesamthelligkeit der betreffenden Kometenerscheinung entscheidend bestimmen werden. Sie einfach in Analogie zu anderen Kometen festzusetzen, kann zu Fehlbeurteilungen führen (Komet 1973 XII Kohoutek).

Literatur

- 1 Trans.IAU XIV B, p.156, 1971.
- 2 J.Holetschek, Untersuchungen über die Größe und Helligkeit der Kometen und ihrer Schweife. Acad.Wien, Math.-Nat.Cl, Bd.LXIII.
- 3 S.Vsekhsvyatskii, Astron.Zhurnal, 2/68, 1925.
- 4 Derselbe, Physical Characteristics of Comets. IPST; Moskau 1958.
- 5 H.Mucke, Helle Kometen von -86 bis +1950. Astron.Büro, Wien 1976.
- 6 IAU Symposium No.45, p.9, D.Reidel, Dordrecht, 1972.

Referat: Kometen-Helligkeitsparameter aus visuellen Beobachtungen

1. Beobachtungsverfahren

In der Literatur werden hauptsächlich drei für Amateure geeignete Verfahren genannt:

1.1. Sidgwick-Methode: Helligkeitsvergleich im Gedächtnis zwischen fokussiertem Kometen und defokussiertem Vergleichssterne.

1.2. Beyer-Methode: Beobachtung der Auslöschung von stark defokussiertem Stern und Kometenbildern.

1.3. Bobrovnikoff-Methode: Vergleich der Flächenhelligkeit eines defokussierten Kometen mit gleichgroß erscheinenden defokussiertem Stern. Diese Methode ist die einfachste und sicherste. Es sollte die geringstmögliche Vergrößerung benutzt werden und der Himmel sollte möglichst dunkel sein. Alle Kometenhelligkeitsbeurteilungen sind aber schwierig.

2. Apertur-Korrektur

Empirisch wurde festgestellt, daß alle drei genannten Beobachtungsverfahren einen Helligkeitswert ergeben, der vom Durchmesser der Instrumentenöffnung abhängt (Bobrovnikoff 1941). Am einfachsten ist die Bobrovnikoff-Methode zu handhaben, sie erfordert auch die geringsten Korrekturen. Als Mittelwerte können gelten:

$$\text{Refraktor} \quad m_a = m - 0,167 (A - 2,67)$$

$$\text{Reflektor} \quad m_a = m - 0,048 (A - 2,67)$$

Darin bedeutet m die beobachtete, m_a die korrigierte Helligkeit, A Öffnung in Zoll. Es wird auf 68mm Öffnung reduziert. Besser und genauer ist es, für jeden Kometen aus Beobachtungsreihen mehrerer Beobachter mit verschiedenen Instrumenten individuelle Korrekturen zu gewinnen, da die Apertur-Korrektur auch vom Winkeldurchmesser, der Kondensation des Kometen sowie vom Beobachter abhängt.

3. Helligkeitsparameter

Vorgang: Die beobachtete Helligkeit wird mit Apertur-Korrektur versehen und auf den Abstand Komet-Erde $= \Delta = 1$ reduziert:

$$m_a(\Delta=1) = m_a + 2,5 \log(\Delta^{-2})$$

Trägt man nun $m_a(\Delta=1)$, die auf Apertur korrigierte reduzierte Helligkeit in 1 AE Erdbstand, gegen $\log r$ auf, so findet man für die meisten Kometen eine Gerade, die dargestellt wird durch:

$$m = H_0 + 2,5 n \log r + 5 \log \Delta$$

wobei H_0 und n als Helligkeitsparameter meist für einen Kometen konstant sind. Da $n=4$ eine gute Näherung darstellt, ergibt sich

Fortsetzung Referat: Kometen-Helligkeitsparameter aus visuellen
Beobachtungen.

$$m = H_0 + 5 \log \Delta + 10 \log r$$

wonach z.B. in den IAU-Zirkularen gerechnet wird. Freilich kommen Anomalien vor, siehe Referat "Helligkeit der Kometen" und (Lit.2).

4. Interpretationen

Die physikalische Interpretation von H_0 und n ist sehr umstritten, sicher ist die Abhängigkeit von der Staubproduktionsrate, Moleküldissoziationsraten, Fluoreszenz, Staubreflektion, usw.

Morris und Meisel (Lit.1) bearbeiteten 150 Erscheinungen in Hinblick auf H_0 , n statistisch und es finden sich interessante Ergebnisse:

Gruppe	n	H_0	q
Alle 150 Erscheinungen	$3,6 \pm 2,3$	$6,3 \pm 2,2$	$1,0 \pm 0,7$
Neue Kometen (58)	$3,2 \pm 2,0$	$6,1 \pm 2,0$	$1,2 \pm 0,8$
Alte Kometen (65)	$4,2 \pm 2,5$	$6,6 \pm 2,5$	$0,9 \pm 0,5$
$q > 1,25$ AE (40)	$3,1 \pm 2,2$	$5,6 \pm 2,3$	$2,0 \pm 0,6$
$q < 1,25$ AE (110)	$4,4 \pm 2,7$	$6,6 \pm 2,1$	$0,7 \pm 0,4$

Man findet z.B. in obiger Auswahl eine Abhängigkeit von H_0 von der Periheldistanz q , die mit 99,5% gesichert ist.

Die Daten dieser Beispiels-Liste sind aber durch einen Auswahl-effekt verfälscht, da sich schwächere Objekte meist nur dann beobachten lassen, wenn ihre Periheldistanz klein genug ist. Dieser Effekt müßte aber nach dem Modell der Oort'schen Kometenwolke am Rand des Sonnensystems erwartet werden.

Auf diesem Gebiet sind noch viele interessante Fragen unbeantwortet.

Literatur

- 1 Meisel und Morris in Donn: The Study of Comets, p.410.,
Washington 1976.
- 2 Sky and Telescope 1976 No.7, p.10; 1977 No.2, p.152.

Wolfgang Vollmann
Mühlgasse 8,4/5/81
A-2511 Pfaffstätten

Referat: Kometenkerne

Kometen unterliegen einem ständigen Zerfallsprozeß, der sich in einer Abnahme der reduzierten Helligkeit und in Abweichungen von der durch das Gravitationsgesetz allein bestimmten Bahn äußert; dieser Vorgang kann durch eine Änderung der Kometenmasse und durch "Rückstoßwirkungen" beim Verdampfen von Materie gut erklärt werden.

Die beobachteten nichtgravitationellen Effekte sind proportional zu $(1-A) / r$, wobei A die Albedo des Kometen und r sein Abstand von der Sonne bedeuten. Sie sind also umso stärker, je näher der Komet der Sonne steht und je dunkler seine Oberfläche ist.

Die Natur der Kometenkerne läßt sich durch ihr Alter und ihre Bahn kennzeichnen. "Neue" Kometen sind besonders aktiv, die Aktivität nimmt mit zunehmendem Alter ab. Dies läßt darauf schließen, daß der Kometenkern nach innen zu aus mehreren Schichten aufgebaut ist.

Die Aktivität neuer Kometen läßt sich so deuten, daß die äußeren Schichten des Kernes durch Strahlung zerstört werden. In ihrer Aktivität unterscheiden sich auch die kurzperiodischen von den langperiodischen Kometen.

Die Aktivität der kurzperiodischen Kometen wird in erster Linie durch H_2O -Eis bestimmt; es soll hier nicht darauf eingegangen werden, wie dieser Sachverhalt durch Beobachtungen nachgewiesen werden kann, diesbezüglich muß auf die Literatur verwiesen werden. Die Kerne kurzperiodischer Kometen sind außerdem vom Staub meteoritischen Ursprungs bedeckt; dies kann zu gelegentlichem plötzlichem Ausstoßen von Materie, den "Outbursts", führen, andererseits kann diese Staubschicht die Aktivität des Kernes über längere Zeit hin drosseln.

Bei langperiodischen Kometen kann man viel seltener nichtgravitationelle Effekte beobachten, wie z.B. beim Kometen 1970 II Bennett; die Aktivität der langperiodischen Kometen unterscheidet sich grundsätzlich von jener der kurzperiodischen Kometen, was auf kompliziertere Vorgänge schließen läßt. So wurden etwa beim Kometen 1970 II Änderungen in der mittleren Dichte beobachtet.

1. Der Aufbau der Kometenkerne

Aus zahlreichen Beobachtungen nichtgravitationeller Effekte läßt sich an Kometen verschiedenen Alters und verschiedener Bahnen nun ein "Schichtenmodell" für den Kometenkern ableiten:

1.1. Die äußere Eisschicht

Sie ist extrem dünn (wenige cm) und ist bei den meisten neuen Kome-

Fortsetzung Referat: Kometenkerne

ten zu beobachten. Die gefrorene Materie ist sehr flüchtig und porös. Meist verdampft diese Schicht vollständig beim ersten Periheldurchgang. Es ist denkbar, daß sehr kleine Kometen nur aus dieser Schicht bestehen und daher besonders kurzlebig sind.

Das Verdampfen dieser Schicht bewirkt meist einen Abfall in der absoluten Helligkeit des Kometen um etwa 2^m ; manche Kometen werden dadurch unbeobachtbar.

1.2. Der äußere Mantel

Die meisten jungen Kometen zeigen diese Schicht. Der äußere Mantel ist flüchtiger als H_2O -Eis. Diese Schicht ist bei vielen kurzperiodischen Kometen mit großem Perihelabstand zu beobachten. Sie besteht aus H_2O -Eis mit leichter verdampfendem Material. Manchmal werden auch hier Ausbrüche tieferliegenden Materials, das höhere Flüchtigkeit besitzt, erzeugt.

Der Anteil an Staub variiert von Komet zu Komet; diese Variation läßt sich jedoch auf unterschiedliche Größe der Staubpartikel und nicht auf unterschiedlichen Staubanteil zurückführen.

1.3. Der innere Mantel

Bei den meisten kurperiodischen Kometen mit kleinem Perihelabstand beobachten wir diese Schicht. Schwächere Aktivität, da diese Schicht schon wesentlich fester ist, und ungleiche Verteilung von Material charakterisieren sie. Kometen, die diese Schicht zeigen, erscheinen weniger staubig; wahrscheinlich deshalb, weil meteoritisches Material in größeren Stücken abgeworfen wird (lokal innere Aufheizung durch milde Strahlung).

1.4. Der innerste Kern

Möglicherweise ist der innerste Kern planetoidenähnlich und inaktiv. Nur größte Kometen dürften einen solchen besitzen; ob er H_2O -Eis enthält und nur durch große Kohäsion inaktiv ist, ist unbekannt.

Generell kann gesagt werden, daß die Aktivität eines Kometen mit zunehmender Tiefe zum innersten Kern hin abnimmt.

2. Die chemische Zusammensetzung der Kometenkerne

Spektroskopische Untersuchungen zeigen einige Radikale; aus welchen Muttermolekülen sie entstanden sind, läßt sich nur vermuten.

Die beobachteten Radikale und ihre möglichen Muttermoleküle sind:

CO^+ , CO_2^+	entstanden aus	CO_2
N_2^+	"	N_2 , C_2N_2 (Dicyan) (?)
C_2	"	C_2H_2 (Äthin), C_2H_4 (Äthen), C_2H_6 (Äthan)
C_3	"	C_3H_8 (Propan)

Fortsetzung Referat: Kometenkerne

OH	entstanden aus	H_2O , H_2O_2 (Wasserstoffperoxyd)
CH	"	CH_4 (Methan)
CH_2	"	CH_4
NH	"	NH_3 (Ammoniak)
NH_2	"	NH_3 , N_2H_4 , CH_3NH_2
CN	"	C_2N_2 , HCN (Cyanwasserstoff)

Diese Muttermoleküle sind wegen ihrer Einfachheit sehr wahrscheinlich. Außerdem muß die Dissoziationsenergie des Radikals die Ausbruchenergie vom Muttermolekül weg übersteigen.

Wir sehen also, daß die Moleküle wie C_3H_4 , CH_2N_2 , C_4H_2 , etc. im Kern vorkommen müssen. Aber wie sind sie entstanden?

Man erklärt die Entstehung solcher Moleküle durch Synthese, welche die kosmische Strahlung bewirkt. Überschlagsrechnungen zeigen, daß jedes Molekül bis in eine Tiefe von etwa 1m in $2 \cdot 10^7$ bis $2 \cdot 10^9$ Jahren (Alter der Kometen) von einem kosmischen Proton getroffen wird. Die Struktur der oberen Kernschicht wird daher völlig geändert. Die Sonne kann dagegen nur eine etwa 1mm starke Schicht beeinflussen.

3. Die Entwicklung der Kometenkerne

3.1. Anteil an Staub

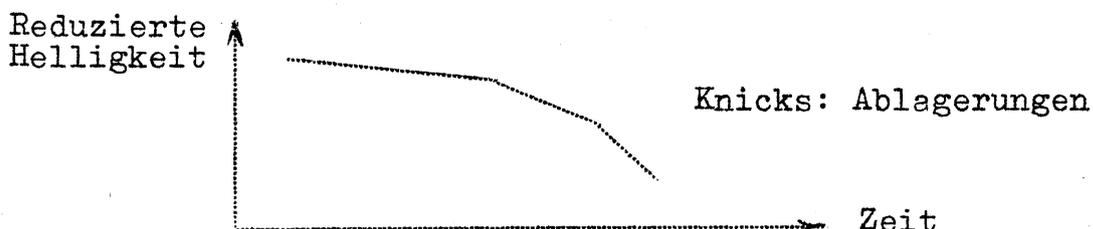
Anfänglich homogenes Gemisch aus Eis und Staubteilchen. In Abhängigkeit von der Größe der Staubteilchen werden

- alle Teilchen abgestoßen, der Kern bleibt homogen;
- ein Anteil der Teilchen bleibt im Kern (kleinere Teilchen); der Staubanteil nimmt zu, bis der ganze Kern bedeckt ist (Staubteilchen in der Kometenatmosphäre);
- alle Teilchen bleiben im Kern (kein Staub in der Kometenatmosphäre).

3.2. Säkulare Helligkeitsänderungen

Durch Auflösung der obersten Schicht gelangt Staub in die Kometenatmosphäre; der Staub lagert sich als Kruste ab, die reduzierte Helligkeit H_{10} sinkt schlagartig. Die Schichten verdampfen dabei nicht momentan.

Das Verdampfen weiterer Schichten führt zu weiteren Staubablagerungen und es ergibt sich folgender Ablauf:



Fortsetzung Referat: Kometenkerne

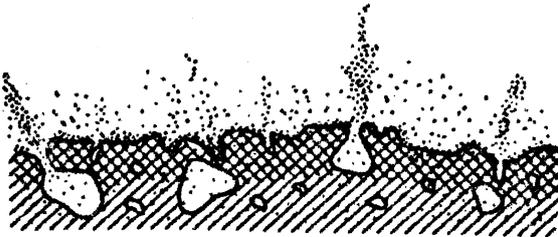
So etwa geht der Aufbau einer Kruste vor sich:



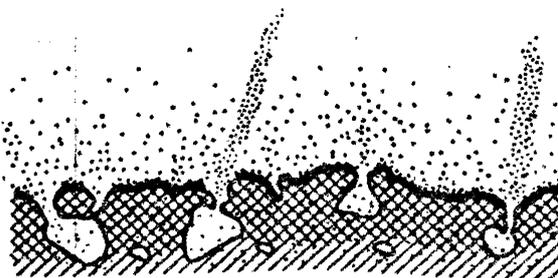
r größer 1 AE



r rund 1 AE

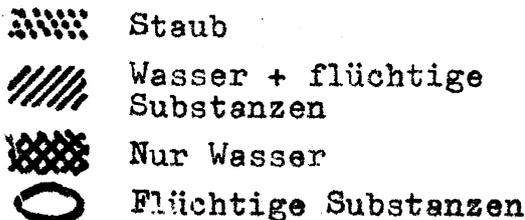


r kleiner 0,5 AE



Perihel

r kleiner 0,5 AE



3.3. Die Abnahme des Kernradius

Das Verdampfen von Schichten führt auch zu spontaner Abnahme des Radius, der jedoch meist nur indirekt ermittelt werden kann. Die Größe $\log (R (1-x)^{1/2})$, in welcher R den Kernradius und x den Grad der Staubbedeckung bedeutet, zeigt denselben Verlauf wie die reduzierte Helligkeit.

Literatur: F.L.Whipple, The Constitution of Cometary Nuclei.

IAU Colloquium Nr.39, Lyon 1976.

L.M.Shul'man, The Chemical Composition of Cometary Nuclei; The Evolution of Cometary Nuclei; L.M.Shul'man und V.P.

Konopleva, On the Sizes of Cometary Nuclei. IAU Symposium Nr.45, Leningrad 1970.

Alexander Pikhard, Pramergasse 25a, A-1090 Wien.

Referat: Kometenfamilien

Oort'sche Kometenwolke

Es wird angenommen, daß alle Kometen aus dem das Sonnensystem umgebenden Bereich der "Oort'schen Kometenwolke" entstammen. Mit einem Halbmesser von etwa 170 000 AE (etwa 2,5 Lichtjahren) reicht sie bereits weit in den interstellaren Raum und in den Gravitationsbereich der Nachbarsterne. Schätzungsweise enthält sie 100 Milliarden Kometen, die gleichmäßig verteilt sind und eine Gesamtmasse von 1/100 der Erdmasse aufweisen. Die Bahnen der einzelnen Kometen sind nahezu parabolisch und haben Umlaufzeiten zwischen 10 000 und Millionen von Jahren.

Planetenstörungen

Auf die in diesem Kometen-Gürtel befindlichen Kometen wirken die Störungen der Planeten ein. Besonders die massereichen Planeten Saturn und Jupiter beeinflussen die Bahnbewegung der Kometen stark und verändern die anfänglich parabelnahen Bahnen zu hyperbolischen oder elliptischen Bahnen. Wie stark eine bestimmte Kometenbahn verändert wird, hängt von ihrer Lage zur Bahn und zum Ort des störenden Planeten ab. Durch Planetenstörungen gelangen die Kometen von der Oort'schen Kometenwolke in das innere Sonnensystem, wo sie dann beobachtbar werden.

Identitätskriterium von Tisserand

F. Tisserand hat 1896 gezeigt, daß zwischen den oskulierenden Elementen von Kometenerscheinungen, die zu ein und demselben, stark gestörten Kometen gehören, störungsunempfindliche Beziehungen bestehen. Er leitete eine derartige, fast invariante Größe aus dem eingeschränkten Dreikörperproblem ab, das ja die Bewegung eines masselosen Körpers (Komet) unter dem Einfluß zweier Massen (Sonne und Jupiter) betrifft. Dabei muß sich der masselose Körper nicht in der Bahnebene Jupiters bewegen, sondern kann frei im Raum laufen. Bedeuten a_i , i_i und e_i die große Halbachse, Neigung und numerische Exzentrizität der i -ten Erscheinung des gestörten Kometen sowie a den Radius der als Kreis betrachteten Jupiterbahn, so gilt genähert:

$$1/a_i + 2 \sqrt{a_i (1-e_i^2) / a^3} \cos i_i = \text{Konst}$$

Durch Vergleich dieser für verschiedene Kometenerscheinungen berechneten Konstanten läßt sich also feststellen, ob verschiedene Kometenerscheinungen zu ein und demselben Kometen gehören: Ist das der Fall, ergibt sich (nahezu) Übereinstimmung dieser Konstanten.

Fortsetzung Referat: Kometenfamilien

Bleibende Veränderungen von Kometenbahnen

Die Statistik zeigt, daß ein einmal stark durch einen Planeten gestörter Komet immer wieder in die Nähe dieses Planeten geführt wird. So können Mitglieder von "Kometenfamilien" entstehen; einige ihrer Bahnelemente gleichen sich im Durchschnitt immer mehr jenen der Planetenbahn an.

In Abbildung 1 ist die Häufigkeitsverteilung der Perihellängen der Kometen der Jupiterfamilie und in Abbildung 2 die Häufigkeitsverteilung von deren Bahnneigungen dargestellt.

Bisher hat man nur bei Jupiter und Saturn wirklich eindeutig erkennbare Kometenfamilien gefunden; die Jupiterfamilie umfaßt etwa 60 Kometen; die Saturnfamilie zählt 5 Kometen, doch dürfte hier bereits jener durch die größere Entfernung auftretende beobachtungstechnische Auswahleffekt wirksam sein, der den Nachweis von Kometenfamilien bei Uranus und Neptun so erschwert. Die Periheldistanzen bleiben hier größer und damit wird die Entdeckungswahrscheinlichkeit geringer.

Die Häufungsstellen der Apheldistanzen bei den anderen Planeten (Transpluto?) in Abbildung 3 lassen nicht erkennen, ob der scheinbar korrespondierende Planet auch tatsächlich für den Einfang verantwortlich war. Es kann durchaus sein, daß diese Kometen durch die Störungen anderer Planeten in ihre jetzt beobachteten Bahnen gekommen sind.

Alle Mitglieder des zentralen Planetaren Kometensystems müssen jung sein, denn sie halten sich ständig in größerer Sonnennähe auf und unterliegen daher einem raschen Auflösungsprozeß.

Trojaner-Kometen

Unter bestimmten, sehr einschränkenden Bedingungen kann ein Komet der Jupiterfamilie auch eine Trojanerbahn beschreiben:

Rabe und Marsden berechneten für den Kometen P/Slaughter-Burnham mittels numerischer Integration dessen Bewegung als Trojaner im Bereich von -450 bis $+2200$. Wie diese Untersuchung zeigt, oszillierte der Komet um die Lagrange'schen Punkte L_4 und L_5 , wobei sich seine große Halbachse zwischen $0,948$ und $1,052$ der Jupiterbahnhalbachse veränderte; diese Werte stellen die Stabilitätsgrenzen für das Verweilen als Trojaner dar. Mit dem Überschreiten dieser Halbachsengrößen endet das Trojanerstadium. Rabe vermutet, daß einige Kometen der Jupiterfamilie aus den Trojanerwolken entstanden sein könnten.

Fortsetzung Referat: Kometenfamilien

Literatur

F.Tisserand, Traité mécanique celeste, Bd.IV, p.203-205, Paris 1896. Vgl.dazu auch K.Stumpff, Himmelsmechanik Bd.II, p.417 und S.Herrick, Astrodynamics Bd.II, p.120.
 N.Richter, Statistik und Physik der Kometen. J.Barth, Leipzig 1954.
 E.Rabe, Orbital Characteristics of Comets passing through the 1:1 Commensurability with Jupiter, in IAU Symposium No.45, Lenin-grad, p.55-60, D.Reidel, Dordrecht 1972.

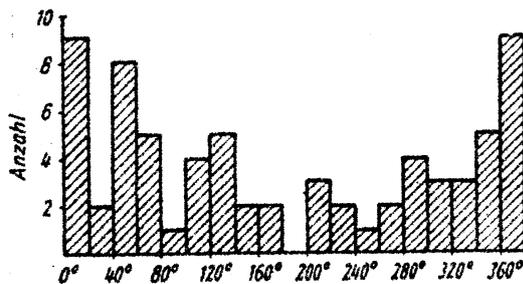


Abb.1
 Häufigkeit der Perihellängen (Jupiterfamilie)

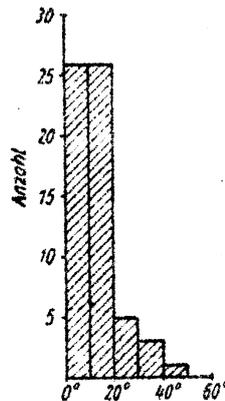


Abb.2
 Häufigkeit der Neigungen (Jupiterfamilie)

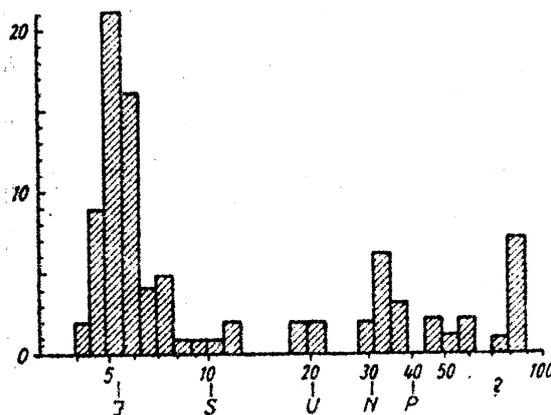


Abb.3
 Häufung der Apheldistanzen (Zentrales System)

Referat: Nichtgravitationelle Effekte an Kometen

Der Nachweis nichtgravitationeller Kräfte

Daß Kometen auch Kräften ausgesetzt sind, die nicht aus dem gravitationellen Wechselspiel zwischen Sonne, Komet und Planeten stammen, zeigen schon allein die vielfach beobachteten Spaltungen von Kometenkernen oder die häufigen Helligkeitsausbrüche.

Es war aber zunächst keineswegs klar, ob diese Kräfte auch merkliche Auswirkungen auf die Bewegung der Kometen hätten. Wenn eine rein gravitationell durchgeführte Bahnbestimmung - etwa über einige Umläufe eines kurzperiodischen Kometen weg - nicht absolute Übereinstimmung mit den Beobachtungen ergab, so war es naheliegend, zunächst nach systematischen Beobachtungsfehlern zu suchen oder einfach den bei logarithmischer oder Tischrechenmaschinen-Rechnung stets vorhandenen kleineren Rechen-, Rundungs- oder Vernachlässigungsfehlern (z.B. vernachlässigte Störungswirkungen) die Schuld zu geben.

Absolute Sicherheit über das Einwirken solcher nichtgravitationeller Kräfte auf die Bewegung von Kometen brachte die elektronische Rechenmaschine mit ihrer sehr hohen Rechensicherheit und der Möglichkeit, auch die kleinsten Störungswirkungen einzubeziehen. Nun konnten die Störungen nicht nur für die provisorische Bahn, sondern ebenso leicht auch für jene der jeweils sechs Bahnen berechnet werden, die sich aus der Variation der sechs Bahnelemente um kleine Beträge ergeben. Auch die Steigerung der Beobachtungsgenauigkeit spielte eine große Rolle; dank der mit langbrennweitigen, astrometrischen Spiegelteleskopen gewonnenen Aufnahmen beträgt die Abweichung des beobachteten Lichtzentrums vom wahren Massenzentrum selten mehr als wenige Bogensekunden.

Nach und nach wurde an den verbleibenden Restfehlern derartig exakt bestimmter, rein gravitationeller Bahnen ein systematisches Wachsen bemerkt, das nur mit der Annahme nichtgravitationeller Kräfte erklärbar war.

Die Wirkungsart der nichtgravitationellen Kräfte

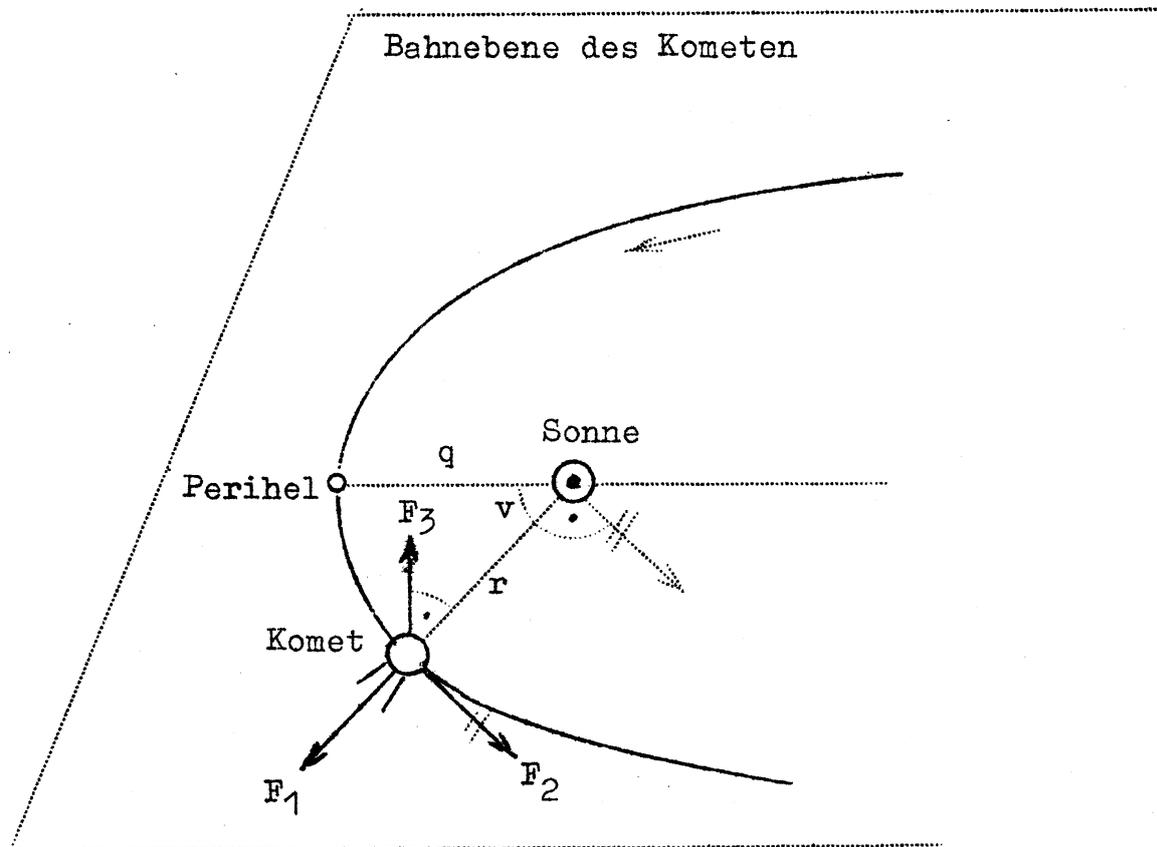
Welche Vorstellungen sollte man sich nun über die Wirkungsart solcher nichtgravitationeller Kräfte machen? Handelt es sich um vereinzelte Impulse oder um ein stetiges Wirken?

Die am einfachsten erkennbare Auswirkung ist eine bei aufeinanderfolgenden Umläufen anwachsende Verspätung oder Verfrühung des Perihelitermins, und dem wird man mit der Annahme einer säkularen Veränderung der mittleren Bewegung gerecht. Es zeigte sich schnell, daß diese säkulare Veränderung bei den jeweils untersuchten Kometen

Fortsetzung Referat: Nichtgravitationelle Effekte an Kometen

überraschend gleichmäßig war. Das ist natürlich ein starkes Argument für die Annahme stetigen Wirkens der nichtgravitationellen Kräfte. Zudem sind die Versuche, nichtgravitationelle Effekte in der Bewegung eines Kometen mit direkten Beobachtungen der Auswirkung nichtgravitationeller Kräfte im physikalischen Erscheinungsbild des Kometen zu korrelieren, erbärmlich gescheitert. So stößt z.B. der Komet Schwabmann-Wachmann 1 häufig Hüllen ab und zeigt hunderte Helligkeitsausbrüche, ohne irgendwelche nichtgravitationelle Effekte in seiner Bewegung zu enthalten.

So konnte angenommen werden, daß die nichtgravitationellen Kräfte stetig wirken. In die Gleichungen der Kometenbewegung wurden zusätzliche, nichtgravitationelle Beschleunigungskomponenten F_1 , F_2 und F_3 eingebaut:



F_1 zeigt im Radiusvektor nach außen, F_2 ist parallel zu jener Richtung, die von der Sonne zur wahren Anomalie $v+90^\circ$ vor den Kometen weist, was bei kleinen Exzentrizitäten etwa der Richtung des Geschwindigkeitsvektors entspricht, und F_3 steht senkrecht auf der nördlichen Seite der Bahnebene.

Die mathematische Formulierung der nichtgravitationellen Kräfte

Vernünftigerweise ist anzunehmen, daß die F_i von r , der Entfernung des Kometen von der Sonne, abhängen. Leider läßt sich diese Abhängigkeit aus den Beobachtungen nicht genau festlegen, aber im allgemeinen wurde gefunden, daß sie beträchtlich stärker als mit dem Quadrat oder Kubus von r abnehmen. Um zu einer Definition zu gelangen, die freilich sicher nicht die einzig mögliche ist, kann man den Ausdruck

$$F_i = G_i \cdot r^{-3} \cdot e^{(-r^2/2)} \quad (1)$$

wählen, in dem r in AE gezählt wird.

Die Bahnverbesserung erfolgt nunmehr nicht nur nach den sechs Bahnelementen, sondern auch hinsichtlich der drei als konstant betrachteten nichtgravitationellen Parameter G_1 , G_2 und G_3 . Mit gutem Gewissen kann man G_3 vernachlässigen, denn es ergeben sich durchweg Beiträge, die kleiner als ihr mittlerer Fehler sind. Die nichtgravitationellen Kräfte wirken also nur in der Bahnebene des Kometen. Die Transversalkomponente G_2 ist sehr eng mit der säkularen Veränderung der mittleren Bewegung korreliert und für sie ergeben sich in der Regel Werte, die einige hundertmal größer sind als ihr mittlerer Fehler. Auch die Radialkomponente G_1 kann oft erstaunlich genau bestimmt werden und erreicht Werte, die einige zehnmal größer als ihr mittlerer Fehler sind.

Legt man das Whipple'sche Kometenmodell mit seinem (sphärischen) Kern aus Eiskonglomeraten zu Grunde, dann haben wir für die G_i :

$$\begin{aligned} G_1 &= \xi \left[\cos \lambda \left(1 - \frac{1}{2} \sin^2 I \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} \sin^2 I - \frac{1}{2} (1 - \cos \lambda) \sin^2 I \cos (2\varphi + 2v) \right] \\ G_2 &= \xi \left[\sin \lambda \cos I + \frac{1}{2} (1 - \cos \lambda) \sin^2 I \sin (2\varphi + 2v) \right] \\ G_3 &= \xi \sin I \sin \lambda \cos (\varphi + v) - (1 - \cos \lambda) \cos I \sin (\varphi + v) \end{aligned} \quad (2)$$

Darin bedeutet v die wahre Anomalie des Kometen, φ die Länge jenes Kometenmeridians, in dem die Sonne beim Periheldurchgang steht, I die Neigung des Kometenäquators gegen seine Bahnebene, λ (≥ 0) den Winkel, um den die Richtung der größten Massenausströmung hinter dem subsolaren Meridian zurückbleibt und ξ (≥ 0) die Größe der Reaktionskraft, die auf den Kometen wirkt.

Wir nehmen nun an - wie es gewöhnlich geschieht - daß die Äquatorebene des Kometen mit seiner Bahnebene zusammenfällt, also $\sin I = 0$. Damit vereinfachen sich die Gleichungen (2) beträchtlich zu:

$$\begin{aligned} G_1 &= \xi \cos \lambda \\ G_2 &= \pm \xi \sin \lambda \\ G_3 &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Das Vorzeichen von G_2 ist entsprechend $I = 0^\circ$ oder $I = 180^\circ$ zu nehmen. In allen Fällen, in denen G_1 gut bestimmbar ist, ist es positiv und speziell bei Kometen mit Periheldistanzen größer als etwa 1,4 AE ist G_1 um eine Größenordnung größer als G_2 . Dies legt ein kleines und ziemlich konstantes λ im ersten Quadranten nahe und bedeutet, daß das Zeichen von G_2 direkt von der Wahl $I = 0^\circ$ oder $I = 180^\circ$ abhängt. Dergleichen würde man von einem "neuen" Kometen erwarten, einem "reinen Schneeball", der nur vor kurzer Zeit durch Jupiter in eine Bahn mit relativ kleinem q gestört worden ist. Obwohl die ermittelten Daten nicht ganz befriedigen, gibt es Anzeichen dafür, daß G_1 für die Kometen P/Encke und P/Pons-Winnecke von geringfügiger Größe, aber negativ sein könnte. Aber diese Kometen sind "alt", ihr q lag eine Zeitlang unter 0,8 AE, bei P/Encke sogar bei 0,3 AE; man kann nicht erwarten, daß die einfachen Gleichungen (3) sich auf die jetzt sicher sehr komplizierten Kernstrukturen dieser Kometen anwenden lassen.

Mit den sechs Bahnelementen und mit den konstanten G_1 und G_2 kann man in weitaus größeren Bereichen eine zufriedenstellende Bahn für einen periodischen Kometen erhalten.

Die Veränderung der nichtgravitationellen Kräfte

An der Bahn des Kometen P/Encke, an dem ja bekanntlich Encke vor rund hundertfünfzig Jahren erstmals nichtgravitationelle Effekte vermutete, wurde weiterhin entdeckt, daß sich diese nichtgravitationellen Effekte von Umlauf zu Umlauf nicht genau reproduzieren. Kürzlich fand man, daß sich die säkulare Veränderung der mittleren Bewegung dieses Kometen verkleinert. Das legt nahe, G_1 und G_2 als zeitlich veränderlich anzusehen. Folgender Ansatz wurde gewählt:

$$G_i = A_i \cdot e^{(-B_i \cdot t)} \quad (4)$$

worin A_i und B_i Konstante sind und t von einer Epoche ab in Einheiten von 10^4 Tagen gezählt wird.

Es stellte sich heraus, daß die Radialvariation B_1 die verbleibenden Reste nicht sehr verändert. B_1 kann daher Null gesetzt werden. A_2 und B_2 sind sehr eng korreliert und es ist nur sinnvoll, B_2 extra zu bestimmen, wenn sich dadurch eine merkliche Verkleinerung der Reste erzielen läßt. Mehrere Kometen, unter ihnen der vorzüglich beobachtete Komet P/Schwaßmann-Wachmann 2, haben positive B_2 , was

Fortsetzung Referat: Nichtgravitationelle Effekte an Kometen

überall dort zu erwarten ist, wo der nichtgravitationelle Einfluß schließlich verschwindet und wir uns einem Kometen wie P/Neujmin 1 oder P/Arend-Rigaux gegenübersehen, der scheinbar all sein flüchtiges Material eingebüßt hat.

Unter Verwendung der zusätzlichen Parameter A_1 und A_2 und, wo nötig, auch B_2 , lassen sich manchmal die Beobachtungen aus bis zu sechs Erscheinungen kurzperiodischer Kometen darstellen und für einige zukünftige Erscheinungen Voraussagen mäßiger Genauigkeit machen. Gelegentlich kommen jedoch Fehlschläge vor, deren berühmtester wohl die Vorausrechnung der Wiederkehr des Kometen P/Perrine-Mrkos für 1968 war. Für diesen Kometen wurde aus Beobachtungen von 1955 und 1961/62 eine rein gravitationelle Bahn gerechnet und aus dieser Vorhersagen abgeleitet. Da der Komet auch 1896/97 und 1909 beobachtet worden war, konnte eine nichtgravitationelle Verfrühung des Perihelterminals von 0,1 Tag für 1968 abgeschätzt werden - eine recht große, aber keineswegs ungewöhnliche Änderung. Tatsächlich war aber der Komet dann weitere 0,7 Tage früher in seinem Perihel, und da er noch dazu der Erde ziemlich nahe war, wuchs der Fehler in den geozentrischen Örtern auf nahe 2° an. Längs der Bahn gemessen, betrug dieser Fehler fast 2 000 000 km! Vermutlich kam dies daher, weil der Komet 1959 bis auf 0,4 AE an Jupiter herangekommen war, wobei die geänderten Bahnverhältnisse die Sonneneinstrahlungsbedingungen und diese wieder die nichtgravitationellen Effekte beeinflussten. Auch beim Kometen P/Schaumasse gibt es Anzeichen ähnlichen Verhaltens. Andererseits aber gibt es mehrere Kometen, die nahe an Jupiter vorbeigingen und auch danach exakt vorherberechenbar geblieben sind. Zu all dem weiß man nicht sicher, ob die Anomalien bei den Kometen P/Perrine-Mrkos und P/Schaumasse nicht etwa in den Umläufen entstanden sind, die jenem mit der Jupiternähe vorausgingen oder folgten. Diesbezüglich gibt es wieder ein frustrierendes Beispiel: Der Komet P/Giacobini-Zinner zeigte in einem Umlauf, in dem keinerlei Jupiternähe eintrat, eine starke Anomalie.

Was ist schließlich davon zu halten, daß man auch Kometen mit negativen B_2 kennt? Zwangsläufig muß daraus gefolgert werden, daß das einfache Modell von dem allmählich seine flüchtigen Bestandteile verlierenden und damit seine nichtgravitationellen Eigenschaften einbüßenden Kometen nicht, zumindest nicht immer, stimmen kann. Der aktuelle Problemcharakter der nichtgravitationellen Effekte an Kometen wird auch noch daraus deutlich, daß die Annahme von "Regenerationsphasen" in den sonnenfernen Bahnteilen empfohlen wird oder daß man versucht, den Ansatz (4) für die G_1 mit einer gedämpften Schwingung zu kombinieren.

Fortsetzung Referat: Nichtgravitationelle Effekte an Kometen

Nongravitational parameters for the 46 comets of three or more appearances

Comet	\bar{q}	\bar{P}	N	Arc	ΔP	$10^6 A_1$	$10^6 A_2$	B_2	Note
Encke	0.34	3.3	12	1927-1967	-0.02	-0.1?	-0.4	+0.8	(1)
Honda-Mrkos-Pajdušáková	0.56	5.2	4	1948-1969	-0.15	+0.7	-2.2	-0.4	
Halley	0.59	76	3	1758-1911	+4		(+1)		
Brorsen	0.60	5.5	3	1857-1873	+0.2?		(+3?)		
Crommelin	0.75	28	4	1818-1956	+2?		(+2?)		
Pons-Brooks	0.78	72	3	1812-1954	-4		(-1?)		
Grigg-Skjellerup	0.86	4.9	4	1947-1962	-0.005		(-0.1)		
Biela	0.89	6.7	4	1805-1846	-0.25		(-4)		
Tempel-Tuttle	0.97	33	3	1699-1965	+0.4		(+0.4)		
Giacobini-Zinner	0.98	6.5	6	1913-1960	+0.08	+0.9	+1.6	-0.2	(2)
Tuttle	1.03	14	3	1926-1967	+0.09		(+1)		
Finlay	1.07	6.9	3	1953-1967	+0.06		(+1)		(3)
Tempel-Swift	1.09	5.5	4	1869-1908	-0.13	+0.4?	-4.6	+0.2	
Tuttle-Giacobini-Kresák	1.12	5.5	3	1907-1962	+0.07		(+2)		
Pons-Winnecke	1.16	6.2	4	1939-1964	+0.002	-0.1?	+0.06		(4)
Schaumasse	1.20	8.2	3	1944-1960	-0.08	+1.5	-1.6		(5)
Olbers	1.20	72	3	1815-1956	+5		(+1)		
Perrine-Mrkos	1.20	6.5	3	1909-1962	-0.1?		(-3?)		(6)
Tempel 2	1.37	5.2	6	1930-1967	+0.001	<0.05?	+0.03		(7)
d'Arrest	1.37	6.7	4	1923-1964	+0.12	<0.5?	+3.7	+0.1	
de Vico-Swift	1.40	5.9	3	1844-1965	+0.04		(+2)		(8)
Arend-Rigaux	1.40	6.7	3	1951-1963	0.00		0		
Borrelly	1.41	6.9	8	1904-1968	-0.04	+0.5	-1.5		(9)
Kopff	1.54	6.4	3	1958-1970	-0.08?		(-2?)		
Neujmin 1	1.54	18	4	1913-1966	0.00		0		
Forbes	1.54	6.4	4	1929-1961	+0.05	+1.2	+1.9	+1.2	
Daniel	1.55	6.8	4	1937-1964	+0.06	+3.6	+2.2		(10)
Wolf-Harrington	1.61	6.5	3	1951-1965	-0.04		(-2)		
Wirtanen	1.62	6.7	4	1948-1967	-0.07	<4?	-2.5		
Faye	1.64	7.4	6	1932-1970	-0.001	+0.9	-0.03		(11)
Tempel 1	1.70	5.9	3	1867-1879	0.00		0		(12)
Väisälä 1	1.75	11	3	1939-1960	0.00		0		
Comas Solá	1.77	8.5	5	1926-1962	+0.01		(+0.2)		
Harrington-Abell	1.78	7.2	3	1955-1969	0.00		0		
Arend	1.82	7.8	3	1951-1967	-0.02	<2?	-0.5		
Brooks 2	1.87	6.9	5	1925-1954	-0.11		(-4)		
Reinmuth 2	1.90	6.7	4	1947-1967	0.00		0		
Reinmuth 1	2.0	7.6	3	1949-1965	0.00		0		
Schwassmann-Wachmann 2	2.1	6.5	7	1929-1968	-0.05	+1.6	-2.0	+0.3	
Holmes	2.2	7.0	4	1892-1965	+0.02		(+0.4)		(13)
Johnson	2.3	6.9	3	1949-1964	0.00		0		
Ashbrook-Jackson	2.3	7.4	3	1948-1965	0.00		0		
Whipple	2.5	7.5	5	1933-1964	-0.01	+0.2	-0.2		
Wolf	2.5	8.4	3	1942-1960	+0.002		(+0.1)		
Oterma	3.4	7.9	(3)	1942-1962	0.00		0		
Schwassmann-Wachmann 1	5.5	16	(4)	1902-1965	0.00		0		

- (1) B_2 is evidently increasing and was only +0.3 in the early nineteenth century.
- (2) In 1966 an additional correction $\Delta T = +0.3$ was required.
- (3) Approach to 0.60 AU of Jupiter in 1957.
- (4) Five approaches within 0.7 AU of Jupiter occurred every alternate revolution between 1882 and 1942. Before that ΔP (and A_2) had the opposite sign. During 1858-1875 (when $\bar{q} = 0.79$, $\bar{P} = 5.6$) $\Delta P = -0.02$, $10^6 A_1 = +0.6$, $10^6 A_2 = -0.4$.
- (5) Approach to 0.37 AU of Jupiter in 1937. In 1927 an additional correction $\Delta T = -0.4$ was required.
- (6) Approach to 0.38 AU of Jupiter in 1959. In 1968 an additional correction $\Delta T = -0.7$ was required.
- (7) Approach to 0.63 AU of Jupiter in 1943.
- (8) Approaches to 0.60 AU of Jupiter in 1885 and to 0.44 AU in 1897.
- (9) Approach to 0.54 AU of Jupiter in 1936.
- (10) Approach to 0.53 AU of Jupiter in 1959.
- (11) ΔP (and A_2) formerly had the opposite sign. During 1888-1926 (when $\bar{q} = 1.69$, $\bar{P} = 7.5$) $\Delta P = +0.01$, $10^6 A_1 = +0.9$, $10^6 A_2 = +0.3$. Approaches to 0.51 AU of Jupiter in 1899 and to 0.60 AU in 1959.
- (12) Approach to 0.36 AU of Jupiter in 1870.
- (13) Approach to 0.54 AU of Jupiter in 1908.

This table is based on calculations by K. Aksnes, J. L. Brady, M. P. Candy, H. J. Carr, A. D. Dúbyago, J. Heppinger, P. Herget, M. Kamiński, L. Kresák, B. G. Marsden, J. G. Porter, E. K. Rabe, H. Q. Rasmussen, G. Schrutka, J. Schubart, L. R. Schulze, Z. Sekanina, G. Sitarski, P. Stumpff and D. K. Yeomans.

Fortsetzung Referat: Nichtgravitationelle Effekte an Kometen

Die Zahlenwerte nichtgravitationeller Effekte

Ganz allgemein kann angenommen werden, daß die Anziehung der Sonne die nichtgravitationelle Repulsivkraftkomponente in radialer Richtung um etwa 105 übertrifft.

Zur Gewinnung der Zahlenwerte wurde der Ansatz (1) verwendet, aber die Werte für beide Komponenten können ganz grob auf das inverse Quadratgesetz umgerechnet werden, wenn man sie durch $q \cdot e^{(q^2/2)}$ dividiert. Die so modifizierten Größen sind als A'_1 und A'_2 zusammen mit B_2 in der Tabelle zu finden. ΔP bedeutet die Periodenänderung in Tagen pro Umlauf, hervorgerufen durch die nichtgravitationellen Effekte. Diese ΔP kann man auch in A'_2 umsetzen; solche A'_2 erscheinen in Klammern. N gibt die Zahl der verwendeten Erscheinungen an und die Epoche für B_2 entspricht der Mitte dieses Zeitbereichs. \bar{P} bezeichnet die mittlere Periode. Die Kometen sind nach der mittleren Periheldistanz \bar{q} geordnet.

Literatur

- B.Marsden, Nongravitational Effects on Comets - The current Status. IAU Symposium No.45, Leningrad. D.Reidel, Dordrecht 1972.
- B.Marsden, Nongravitational Forces on Comets: A Review. Study of Comets, Part I, NASA SP-393, Washington 1976.

Übersicht: Aktuelle Kometenprobleme

In den letzten Jahrzehnten wird die Kometenforschung zunehmend von der Erkenntnis beherrscht, daß Kometen eine außerordentliche Vielfalt individuellster Objekte darstellen, in welcher sich lediglich zwischen lang- und kurzperiodischen Kometen charakteristische Unterscheidungsmerkmale finden lassen.

Viele scheinbar sichere Ansichten aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts erweisen sich als durchaus nicht allgemein gültig. Gegenwärtig wird um die Erlangung selbst so fundamentaler Erkenntnisse wie exakte Bahnbewegung, Aufbau und Entwicklung hart gerungen und nicht selten werden bei internationalen Symposien und Colloquien sehr gegensätzliche Meinungen über ein und dieselbe Sachlage vertreten und an Beispielen begründet.

So war es profilierten Teilnehmern am IAU Colloquium No.25 (Goddard Space Flight Center, 1974) nicht möglich, einen "normalen" Kometen zu definieren, was zwanzig Jahre früher, wenn auch nicht bedenkenlos, getan wurde; auch über den Begriff "Aktivität eines Kometen" herrscht durchaus nicht mehr Übereinstimmung.

Wenn auch in diesem Seminar den umstrittenen Sachgebieten möglichst aus dem Weg gegangen wurde, soll doch eine Übersicht über wenigstens einige Brennpunkte gegenwärtiger Kometenforschung geboten werden. Im übrigen sei auf die am Anfang genannte jüngere Tagungsliteratur verwiesen.

Aus der Astrometrie

Darstellung und Entwicklung der Kometenbahnen

Nichtgravitationelle Effekte an Kometen (siehe Referat)

Hochgenaue Positionsbestimmung für Kometensonden-Unternehmungen

Rotation der Kometenkerne

Masse der Kometenkerne

Aus der Astrophysik

Kometenkern-Modelle (siehe Referat)

Mechanismen der Koma-Bildung

Vorgänge in Kometenschweif

Ursprung der Kometen.

Entwicklung der Kometen

Aus der Beobachtungstechnik

Normierte Kometenphotometrie und Isophotometrie

Beobachtungen außerhalb der Erdatmosphäre / Kometensonden