

Liebe Kometenfreunde,
der beiliegende Text von Fritz Gerber ist derzeit noch ein Fragment – die Abbildungen fehlen. Dennoch lege ich dies hier ab, da die Spektroskopie für die hellen Kometen des Jahres 2013 ein wichtiges Betätigungsfeld ist. Sobald ich mehr Material bekomme, ergänze ich den Aufsatz.

--

Uwe Pilz

Visuelle Spektralbeobachtung von Kometen

Friedrich Wilhelm Gerber (Mainz)

1. Allgemeines

Auf dem Gebiet der Kometenspektroskopie liegen die Chancen für den Amateur nicht im Bereich der Kometenforschung, sondern der Kometenüberwachung. Er kann kurzfristig planen und gegebenenfalls auch längere Beobachtungsreihen durchziehen, er wird in der Regel seine spektroskopischen Beobachtungen mit eigenen Fernrohrbeobachtungen vergleichen können; er kann seine Möglichkeiten in ein auf Vielseitigkeit angelegtes Beobacherteam (mit Fernglas, Fernrohr, Kleinbild- und Astrokamera, mit Filter- und gegebenenfalls auch mit Sonnenbeobachtungen) einbringen. Mit dem heute verfügbaren Instrumentarium können im Idealfall mehrere Kometen gleichzeitig spektroskopisch überwacht werden; die Chancen, ungeahnte Resultate ans Licht zu fördern, erhöhen sich damit beträchtlich.

Ausführliche Angaben über spektroskopische Kometenbeobachtungen finden sich vor allem in populären Zeitschriften (etwa im „Sirius“) und offiziellen Veröffentlichungen von Sternwarten aus den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts, aus einer Zeit also, in der es relativ viele helle Kometen gab und die Fotoplatte für derartige Aufnahmen noch nicht verfügbar war. Mit dem Aufschwung der Spektrografie ging leider das Interesse am visuellen Beobachten zurück (M.Beyer in Hamburg ist die - vielleicht nicht zufällige - Ausnahme). Wir werden mit Informationslücken zu rechnen haben, und die spektroskopische Phänomenologie der Kometen ist vermutlich um einiges vielfältiger als wir wissen.

Der Amateur, der sich dieses Gebiet erschließen will, muß seine Wünsche mit einem nicht sonderlich reichhaltigen Angebot, den Kosten, dem anfallenden Arbeitsaufwand und dem verfügbaren Instrumen-

tarium auf einen Nenner bringen. Die Mühe lohnt allemal; außer Kometen gibt es noch galaktische und Planetarische Nebel, M- und N-, vor allem Mira- und Wolf-Rayet Sterne und immer wieder einmal eine Nova im Nebelstadium, und sie alle verraten sich durch ihr Spektrum. Schon ein kleines Fernglas in Verbindung mit einem passenden Prisma erschließt dem Beobachter eine faszinierende neue Welt.

Für die visuelle Kometenbeobachtung kommt vorwiegend das Prisma in Betracht, sei es vor dem Objektiv, sei es als Okularprisma oder Okularspektroskop. Alle drei Varianten haben ihre Vor- und Nachteile. Ein für unsere Zwecke brauchbares 90°-Prisma ist nicht ganz leicht aufzutreiben; es sollte mindestens 3cm breit sein, um Beobachtungen mit einem Fernglas entsprechender Größe zu ermöglichen. Größere Prismen, etwa ab 5cm Kathetenlänge, werden selten angeboten und Spezialanfertigungen sind relativ teuer (Preisvergleiche lohnen sich!). Verlockend sind Prismen aus Heeresbeständen, etwa ausgemusterte Panzerperiskop-Prismen; sie haben Breiten um 4cm, aber Längen bis ca 15cm, sodaß bei kleineren Ferngläsern ein beidäugiges Sehen möglich ist. Hinter das Okular aufschraubbare Okularprismen, wenn man sie je noch angeboten bekommt, haben nur eine geringe Dispersion, lassen also kaum Einzelheiten erkennen, dafür ermöglichen sie aber die Benutzung großer Instrumente für spektroskopische Beobachtungen; die Beobachtungsgrenze wird dadurch gleich um mehrere Größenklassen hinausgeschoben. Bei Okularspektroskopen verursacht die Bauweise spürbare Lichtverluste, da der Spalt immer nur einen schmalen Bereich des Blickfeldes, bei einem Kometen also nur einen schmalen Abschnitt der Koma zu erfassen gestattet. Eine statt des Spaltes eingebaute Zylinderlinse hat denselben Effekt, da sie das Spektrum der Sterne verbreitert, also schwächt. Ein Eigenbau unter Verwendung eines (im Handel angebotenen) Gradsichtprismas dürfte für Fernrohrbesitzer die beste Lösung sein; dabei ist es sinnvoll, ein Okular möglichst schwacher Vergrößerung zu wählen und Okular und Prismensatz zu einer festen Einheit zu verbinden.

Inzwischen gibt es auch preiswerte und vielversprechende Gitter für den Eigenbau und komplette Gitterspektrografen, die offenbar nur darauf warten, von Amateuren für fotografische und auch visuelle Beobachtungen eingesetzt zu werden. Ob sie allerdings für die Kometenbeobachtung taugen, dürfte von der Helligkeit eines Kometen abhängen. Ausgenutzt werden kann ja nur das Spektrum 1. Ordnung; die Lichtausbeute eines Gitters ist entsprechend gering.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich in aller Regel auf Beobachtungen mit Objektivprismen, und zwar 90°-Prismen, wie sie etwa zur Bildumkehrung in einem Fernglas Verwendung finden, deren brechender Winkel also 45° beträgt. Sie sind noch am einfachsten zu bekommen und reichen für unsere Zwecke völlig aus.

Das Prisma wird zweckmäßig in einer drehbaren Fassung angebracht. Dann läßt sich die Position einer beobachteten Emission am Spektrum eines benachbarten Sterns abschätzen, wenn man die brechende Kante des Prismas parallel zur Verbindungslinie beider Gestirne einstellt. (Abb. 1). Für die visuelle Beobachtung vorteilhaft ist, das Prisma so zu orientieren, daß die brechende Kante horizontal liegt und der brechende Winkel - und entsprechend das Blau im Spektrum sich unten befindet. Dann kommt dem Beobachter der beträchtliche Ablenkungswinkel zugute: man kann bequem noch in relativ großen Höhen beobachten. Er ist richtig eingestellt, wenn von außen betrachtet das Objektiv durchs Prisma hindurch kreisrund abgebildet ist. Ist der Ablenkungswinkel dagegen größer oder kleiner als der Brechungswinkel des Prismas, wird das Blickfeld oval; die vom Prisma erzeugten Spektren erscheinen entsprechend verkürzt.

Der Anblick eines Kometen bei Benutzung eines Objektivprismas ähnelt einer Objektivprismenaufnahme (Abb. 2: Komet FINSLER 1937 V am 6. und 8.8.1937) eines Kometen, bei der die verschiedenen monochromatischen Bilder der Koma unterschiedlicher Größe vor einem meist schmalen Kontinuum des Kerns wie auf einer Schnur aufgereihte Perlen erscheinen. Ein genauer Vergleich indessen ist kaum möglich, da Fotoemulsion und Netzhaut unterschiedliche Sensibilität haben. Das wird vor allem bei Blaufotografien deutlich, die bis weit ins Violett reichen, also über die Wahrnehmbarkeitsgrenze für das Auge hinaus, dafür bricht die Empfindlichkeit beim Grün ab, wo normalerweise bei einem Kometen die hellste Emission und beim Auge die größte Empfindlichkeit zu finden ist.

Die an großen, langbrennweitigen Instrumenten gewonnenen Spaltspektrogramme von Kometen (Abb. 3: Komet KOBAYASHI-BERGERMILON 1975 IX) haben meist einen technischen Nachteil: mit ihrer Vielzahl von Banden und Linien entsprechen sie wohl dem Anblick im Okularspektroskop, doch werden die quer zum Kontinuum aufragenden Linien der Kohlenstoff- und Cyanbanden oft nicht in voller Länge abgebildet, sodaß ihre Auswertung etwa zum Vergleich bzw. zur Ergänzung visueller Befunde keine verlässlichen Resultate bringt. Ein Spektrum

grafenspalt, dessen Länge in der Fokalebene 10' beträgt, kann von einem Kometen mit einem Komadurchmesser von 15' die äußeren Komahüllen nicht mehr erfassen (Abb. 4: Skizzen anhand des Spektrogramms des Kometen 1975 IX).

2. Zur Wirkungsweise des Prismas.

Ein Prisma zerlegt „weißes“ Licht in ein „kontinuierliches Spektrum“, also in die bekannten Farben des Regenbogens, bzw. das „integrale“ Bild eines Gegenstandes in unendlich viele Bilder, die von Rot bis Violett unmerklich ineinanderfließen. Das Licht eines Sterns wird so zu einem Lichtfaden auseinandergezogen, das Bild des Mondes in ein mondbreites farbiges Band. Die Länge dieses Lichtfadens bzw. des farbigen Bandes hängt von der Glassorte und vom brechenden Winkel des benutzten Prismas ab. Bei einem handelsüblichen 90°-Prisma, dessen brechender Winkel also 45° beträgt, ergibt sich eine Länge von etwa 2°; je nach Fernglastype entspricht das einem Viertel bis zwei Drittel des Blickfelddurchmessers. Kennt man die Glassorte, was meist nicht der Fall ist, kann man diesen Wert exakt berechnen; mit hinreichender Genauigkeit kann man ihn an den Plejaden oder den Gürtelsternen des Orion abschätzen.

Glühende Gase leuchten nur in bestimmten Bereichen des Spektrums. So zeigt eine Quecksilberdampfampe, durch ein Prisma betrachtet, monochromatische Lampenbilder in Rot(verwaschen), Gelb, Blau und Violett. Ein typischer Planetarischer Nebel gibt sich als heller (Doppel)punkt im Grün zwischen den Lichtfäden der Sterne zu erkennen. Starke Absorptionen (bei N- und hellen A-Sternen) verraten sich durch dunkle Emissionen (bei den Wolf-Rayet- und den Mira-Sternen und den Novae auf der Abstiegsphase) durch helle Punkte bzw. Zonen auf dem blassen, nur bei helleren Sternen farbigen Lichtfaden.

Kometen können beide Arten von Spektren zeigen: ein kontinuierliches, hervorgerufen durch das an Staubpartikeln der Kernzone, gelegentlich auch der ganzen Koma (und des Staubschweif) reflektierte Sonnenlicht, und das Emissionsspektrum eines leuchtenden Gases, hervorgerufen durch die Fluoreszenz der verschiedenen, durch die Sonnenstrahlung angeregten Moleküle, besonders des Kohlenstoffs, in der Koma. Sie verraten sich durch „Emissionen“, d.h. monochromatische Abbilder der Komahüllen, in Gelb, Grün und Blau. Dieses typische Kometen-, besser Kohlenstoffspektrum (man findet es auch

beim Azetylen und bei manchen Kerzen) wird nach seinem Entdecker „Swan“-Spektrum genannt.

Kometen mit rein kontinuierlichem Spektrum ohne Emissionen sind sehr selten, wenn es sie überhaupt gibt. Kometen, die nur ein Gasspektrum zeigen, sind schon häufiger. Meist treten beide Arten des Spektrums nebeneinander auf; dabei spielt die Sonnendistanz eine erhebliche Rolle. Ein Gasspektrum zeigen die periodischen Kometen kurzer Umlaufzeit (etwa der Jupiterfamilie); offenbar haben sie ihren Staub oder die Möglichkeit, Staub freizusetzen, im Laufe der Zeit weitgehend eingebüßt.

Zum Thema „Kometen mit rein kontinuierlichem Spektrum“ seien hier zwei Zitate angeführt, die für das Problem aufschlußreich und für die Interpretation eigener Beobachtungen wichtig sind. Bei NEWCOMB-ENGELMANN (1921, S.446) liest man: „So hatte der Komet HOLMES 1892 III ein ganz kontinuierliches Spektrum, in dem nur unsicher eine Andeutung der hellsten Swan-Bande gesehen werden konnte.“ M.BEYER (1933, S.48) berichtet über Beobachtungen des Kometen PELTIER-WHIPPLE 1932 V: „Während die mit langbrennweitigen Astrographen in Verbindung mit Objektivprismen erhaltenen Aufnahmen ganz deutlich ein kontinuierliches Spektrum mit den auffälligsten Absorptionen des Sonnenspektrums zeigten, ergab die kleine, kurz-brennweitige Kamera gleichzeitig ein ausgeprägtes Emissionsspektrum mit den für die Eigenstrahlung der Kometen typischen Cyan- und Kohlenmonoxydbanden“.

3. Der spektroskopische Lebenslauf eines Kometen.

Die Auswertung älterer Berichte, alter und neuer Forschungsergebnisse sowie eigener Beobachtungen ergibt die folgende Biografie, die für die Mehrzahl der (nichtperiodischen) Kometen halbwegs zutreffend sein dürfte. Dabei geht es um die Darstellung der Grundstruktur des Kometenspektrums, so wie sie sich mit dem Objektivprisma zeigt, also

Um die monochromatischen Komabilder im Licht der C_2 -Kohlenstoffmolekül-Emissionen in Gelb, Grün und Blau und das Kontinuum. Das Okularspaltspektroskop hingegen enthüllt ein komplexes Linien- und Bandenspektrum, in dem sich neben dem zweiatomigen

Kohlenstoff C_2 noch eine Reihe anderer Moleküle zu erkennen geben. Doch darauf näher einzugehen ist hier nicht der Ort.

Ein Komet, der aus den Tiefen des Raumes kommt, leuchtet zunächst nur im reflektierten Sonnenlicht; erst in Jupiterentfernung machen sich, infolge der Sonneneinstrahlung auf den gefrorenen Kern, auf Spektrogrammen die ersten Emissionen bemerkbar. Überquert er die Marsbahn, beginnt seine spektroskopisch interessante Phase: der Komet leuchtet dann allermeist im Licht der Grün-Emission. Nähert er sich weiter der Sonne, beginnt - etwa in Erddistanz - neben dem relativ hellen und ausgedehnten grünen Komabild kleiner und lichtschwächer auch die Blauemission aufzuleuchten. Wird die Sonnenstrahlung intensiver, erscheint schließlich im Gelb die dritte Emission des Swan-Spektrums, die an Ausdehnung und Intensität meist zwischen den beiden andern liegt. In seltenen Fällen hat diese Emission eine deutlich ovale Form (BRADFIELD 1979 X und AUSTIN 1990 V nach eigenen Beobachtungen).

In der Folgezeit, etwa innerhalb der Venusbahn, wird das Kometenspektrum von diesen drei Emissionen beherrscht, deren Intensität anscheinend regellos schwankt, mitunter von Tag zu Tage. Das ist nicht verwunderlich, beträgt doch die Lebensdauer der sie erzeugenden Moleküle in der Koma weniger als einen Tag. K.WURM-(1943) bezieht sich offensichtlich auf dieses Phänomen, wenn er „sekundäre Effekte in der Helligkeitsänderung der verschiedenen Banden, deren Zusammenhang mit der allgemeinen Helligkeitsentwicklung nicht genügend geklärt ist“, erwähnt.

Innerhalb der Marsbahn beginnt die Gasproduktion im Kern auch Staub freizusetzen, der mitunter die ganze Koma erfüllt und sich durch ein entsprechend breites und helles kontinuierliches Spektrum verrät (P/BORSSEN 1879 I nach „Sirius“ 1879). Die Staubproduktion kann so gewaltig sein, daß die C_2 -Emissionen im Kontinuum fast „ertrinken“ (COGGIA-1874 III nach „Sirius“ 1874; der Komet hatte sogar ein doppeltes, von der Kernzone und der ausgedehnten Staubkoma erzeugtes Kontinuum) und ein rein kontinuierliches Spektrum vortäuschen. Das klassische Beispiel dafür ist der Komet HOLMES 1892 III (s.o.).

In dem Maße, wie der Komet sich der Sonne nähert und demzufolge auch sein Komadurchmesser abnimmt, schrumpfen entsprechend auch die monochromatischen Komabilder und das Kontinuum, bis zum

Extremfall kurzer dicker heller Striche auf einem sternartig schmalen regenbogenfarbigen Lichtfaden (BENNETT 1970 II ab Mitte März 1970 nach eigenen Beobachtungen).

Diese allgemeine Struktur der Kometenspektren wurde schon sehr bald erkannt. Umso überraschender kam die Entdeckung, daß sich bei großer Annäherung des Kometen an die Sonne sein Spektrum völlig ändert: auf einem hellen, schmalen Kontinuum leuchtet der kleine Kopf im gelben Natrium-Licht, doch von den bisher vorherrschenden Kohlenstoff-Emissionen ist nichts mehr zu sehen (1882 I und 1882 II). Dieses Umkippen des Spektrums erfolgt wohl erst weit innerhalb der Merkurbahn, doch bleiben die Na-Emissionen nach dem Periheldurchgang auch noch in größerer Sonnendistanz sichtbar (KOHOUTEK 1973 XII), ehe das Spektrum wieder das frühere Aussehen annimmt.

Die gleiche Verzögerung wiederholt sich offenbar beim Abklingen der C_2 -Emissionen nach dem Periheldurchgang. So war beim Kometen HALLEY 1986 III sechs Wochen vor dem Perihel nur die Grün-Emission auf einem relativ breiten Kontinuum nachzuweisen, während noch Ende April, also zehn Wochen nach dem Periheldurchgang, alle drei Emissionen, wenn auch z.T. sehr schwach, zu sehen waren. Als letzte bleibt die grüne sichtbar, ehe sich der Komet endgültig vom Beobachter verabschiedet.

4. Systematisierung visueller Beobachtungen

Um eigene Beobachtungen mit älteren Veröffentlichungen vergleichen zu können und das vorhandene Material überschaubar zu machen, wurde anhand der englischen Farbbezeichnungen Yellow (Y, für Gelb), Green (G, für Grün) und Blue (B, für Blau) ein einfaches Intensitätsstufensystem aufgestellt: Für Gelb nimmt die Intensität z.B. in folgenden vier Stufen ab: Y y (y) - , entsprechend die anderen Farben und das Kontinuum (K).

Nach diesem System wurden die eigenen Beobachtungen notiert und die alten, oft unpräzisen Angaben „umgeschrieben“. Früher wurden des öfteren die Intensitätsdifferenzen der einzelnen Emissionen geschätzt; die Angaben für das System Y G B gehen von 1:2:1 bis 1:6:15 (M.BEYER, 1950, bei HONDA-BERNASCONI 1948 IV). Durchmesser-schätzungen für die verschiedenen Emissionen liefern wesentliche Angaben über den Zustand eines Kometen, werden aber nicht mitgeteilt.

Das eigene vollständige Beobachtungsprotokoll für den Kometen AUSTIN 1990 V vom 5. Mai 1990 lautet: Allgemeiner Aspekt des Spektrums: K: y G (b). Durchmesser der Komahüllen: Y 1'5 x 2' - G 3' - B 1' (Y deutlich oval); Relative Intensität der Komahüllen: Y : B = 4 : 1 / Y : G = 1 : 10.

Wie rasch Veränderungen in der Koma vor sich gehen, zeigen die Objektivprismenaufnahmen des Kometen FINSLER 1937 V (vgl. Abb. 2) und die folgenden Protokolle („Sirius“ 1874 bzw 1884 u.a.): COGGIA 1874 III zwischen 17. und 20.4.1874: (K: -) y g (b) / (K:-) y (g) B ; P/PONS-BROOKS 1884 I am 29.12.1883 und 1. bis 3.1.1884: K- (y) G b / K- y G B / K- y G (b) / K- (y) G b ; derselbe vor einem Helligkeitsausbruch: K- y G (b), während des Ausbruchs: K- (y) G B (NEWCOMB-NGELMANN 1921, S.469); DANIEL 1907 IV zwischen dem 24. und 28.8.1907 (BELOPOLSKY 1909) K- y G b / K- (y) G b / K- (y) G (b) ; P/HALLEY 1986 III nach eigenen Beobachtungen (26. bis 28. April 1986): K y G (b) / K- (y) G b / K- - G - , jeweils auf einem relativ breiten und hellen Kontinuum. An anderen Kometen beobachtete Farbwechsel von Blaugrün nach Gelbgrün (THORPE 1964) könnten dadurch ihre Erklärung finden.

5. Zu den abgebildeten Kometenspektren.

Die hier wiedergegebenen Kometenspektren (Abb. 5) wurden an Ferngläsern verschiedener Größe (7x45, 12x60, 20x80 und 8-20x50) monokular in Verbindung mit vorgeschalteten 90°-Prismen, also mit einem brechenden Winkel von 45° und effektivem Querschnitt von 30x40 bzw 40x40 mm erhalten. Mit dem Zoomglas und dem größeren Prisma ließen sich noch Kometen beobachten, deren Helligkeit dem „Faintest Star“-Wert, also der Helligkeit des schwächsten mit bloßem Auge sichtbaren Sterns in der Nähe des Kometen zur Beobachtungszeit entspricht.

Die Wiedergabe der Spektren ist standardisiert, d.h. die bei der Beobachtung gewonnenen Zeichnungen und die anhand von Notizen nachgezeichneten Spektren wurden nach einheitlichem Schema dargestellt. Das gilt sowohl für die C_2 -Emissionen des "Swan-Spektrums" als auch für das Kontinuum, das oft nur im Spektralbereich zwischen Orange und Blau auffällig ist (erstmalig beim Kometen COGGIA 1874 III in „Sirius“ erwähnt; vorläufig letztes Beispiel: LEVY 1990 XX nach eigenen Beobachtungen) und dann möglicherweise gar kein echtes Kontinuum ist, sondern eine Kette kleiner Komahüllen anderer chemischer Zusammensetzung als die auffälligen des C_2 , die uns hier beschäftigen.

Die Entstehungsgeschichte der Zeichnungen verwehrt es, diese Einzelbeobachtungen zu überbewerten. Überraschend bleibt die Vielfalt der Formen. Der helle Fleck in der Grünemission bei AUSTIN 1982 VI könnte vorgetäuscht sein. Singulär sind die Spektren von BRADFIELD 1979 X und IRAS-ARAKI-ALCOCK 1983 VII (Eine gleichzeitig erhaltene Spektralaufnahme zeigt lediglich eine ovale Emission).

Sehr variabel ist das Aussehen des Kontinuums. Breite und Helligkeit hängen weitgehend von der Sonnendistanz des Kometen ab. Es kann so intensiv sein, daß es die Swan Emissionen fast völlig überstrahlt. So enthüllt das Prisma „augenblicklich“, wie groß der Staubanteil in der Koma ist. In einigen Fällen (BENNETT 1970 II und P/HALLEY 1986 III; von WEST 1976 VI liegen keine derartigen Beobachtungen vor) erzeugte der Staubschweif ein intensives Kontinuum von mehreren Grad Länge. Der visuell meist schwache Gasschweif wurde in keinem Fall spektroskopisch aufgefaßt, doch sind in der Vergangenheit C₂-Emissionen gelegentlich noch im Schweif gesehen worden (NEWCOMB-ENGELMANN 1921). Zu möglichen Kohlenmonoxyd Emissionen im Schweif vgl. Abschnitt 8.

6.-Filterbeobachtungen.

Eine wesentliche Beobachtungshilfe bietet das Swan-Band-Interferenzfilter, das vom gesamten Spektrum nur den Grünanteil (neben einem geringen Rot- und Violettanteil, der aber nur bei schmaler Mondsichel und bei sehr hellen Sternen auffällt) hindurchläßt, also die Identifizierung der Grün-Emission eines Kometen (und die Beobachtung der Sauerstoff-Emission der Planetarischen Nebel) ermöglicht. In besonderen Fällen könnte das hilfreich sein, wenn z.B. das Kometenspektrum kein Kontinuum zeigt oder im Blickfeld kaum wahrnehmbar ist, wenn im Blickfeld keine helleren Anschlußsterne stehen oder überhaupt nur eine einzige Emission sichtbar ist.

Das Swan-Band-Filter ohne Objektivprisma bewirkt eine Abschwächung des integralen Lichtes eines Kometen vornehmlich im Kontinuum; der Lichtanteil der Emissionen bleibt vergleichsweise unbeeinflußt, da die Anteile im Gelb und Blau in der Regel schwächer sind als der im Grün. Bei Benutzung eines Filters könnte also der scheinbare Kometendurchmesser (bei staubreicher Koma) nicht unerheblich schrumpfen, während die zentrale Kondensation konzentrierter und heller erscheint.

Das Objektivprisma zeigt das gesamte Kometenspektrum - allerdings entsprechend lichtschwach -, sowohl die typischen Emissionen der Gashülle als auch, sofern vorhanden, das Kontinuum der Staubkoma und des (falschen) Kerns. Das Kometenfilter holt davon die grüne Zone heraus und unterdrückt alle andern Farbbereiche. Zu sehen bleibt also nicht nur die zumeist hellste Emission, sondern auch ein Teil des Kontinuums. Bei kleinem hellem Kern und ausgedehnter Gaskoma ergibt das einen „Schlüsselloch“-Effekt (erstmalig 1989 bei P/BROSEN-METCALF beobachtet).

Die Effizienz eines Filters erwies sich bei einer Tagesbeobachtung der Venus. Mit dem Objektivprisma war sie, obgleich mit -3^m im Fernglas auffällig hell am Tageshimmel, nicht auszumachen, doch das Swan-Band-Filter ließ vor dem abgeschwächten Himmelshintergrund den kurzen Strich des Venusspektrums sofort hervortreten. Bei Beobachtungen in allernächster Sonnennähe (etwa von Tageskometen, aber auch der Venus zur Zeit ihrer oberen Konjunktion) ist allerdings ein Natriumfilter geeigneter; für den Schutz des Auges ist es im Grunde unverzichtbar.

7. Spektralaufnahmen mit Kleinbildkameras.

Dieses Thema gehört streng genommen nicht in unser Gebiet, doch wird Vermutlich jeder Spektroskopiker sich irgendwann auch in der Astro- bzw. Kometenspektrografie versuchen wollen. Die folgenden Ausführungen verstehen sich darum mehr als Tips denn als offizielle Gebrauchsanweisung. Versierte Astrofotografen bekommen rasch heraus, welche Filmsorten und welche Belichtungszeiten die besten Resultate liefern.

Das von einem 200 mm-Teleobjektiv mittels eines 45°-Prismas erzeugte Spektrum ist etwa 1cm lang. Bei der Aufnahme wird auf den Kometenkern nachgeführt. Die brechende Kante ist dabei im allgemeinen äquatorparallel orientiert; hat der Komet jedoch einen Schweif, wird man sie parallel zu ihm ausrichten, um etwa vorhandene Emissionen des Schweifspektrums zu erfassen.

Die überzeugendsten Spektralaufnahmen liefern natürlich die schnellen Farbdiafilme (eine gelungene Spektralfarbaufnahme vom Kometen

AUSTIN 1990 V stammt von SCHUR 1990). Exaktere Ergebnisse, die auch wissenschaftlich ausgewertet werden können, erhält man (allerdings um den Preis ungleich längerer Belichtungszeiten) mit den für die Astrofotografie entwickelten Spezial(Negativ)filmen. Erfahrungen mit dem HALLEYSchen Kometen zeigen, daß mit dem oben genannten Instrumentarium (Tele 1:3.5/200 plus 40x40mm-Prisma) eine brauchbare Aufnahme des Spektrums eines Kometen der Helligkeit 3^m bei einer effektiven Filmempfindlichkeit von 1000 ASA (Diafilm) und einem „Faintest Star“-Wert von 6^{m0} eine Belichtungszeit von etwa 4 Minuten erfordert. Mit kürzeren Brennweiten wird man nur in Ausnahmefällen gute Ergebnisse erhalten, immerhin fällt der Komet durch das meist fehlende Rot im Spektrum zwischen den Sternen sofort auf. Bei einem so diffusen Objekt wie einem Kometen kann selbst bei feststehender Kamera die Belichtungszeit auch über eine Minute betragen; dabei sollte aber das Prisma (und wenn man auf Ästhetik Wert legt, auch die Kamera) äquatorparallel ausgerichtet sein, damit die verschiedenen Emissionen im Spektrum nicht ineinander fließen.

8. Fragen und Aufgaben.

Der spektroskopierende Amateur hat seine Chancen bei der Kometenüberwachung, doch wenn ein freundlicher Zufall es will, auch bei der Kometenforschung. Besondere Kometen und Besonderheiten im Verhalten von Kometen werfen Fragen auf, die sich am Schreibtisch nicht beantworten lassen. Einige seien hier genannt.

Wie stellt sich der Helligkeitsausbruch eines Kometen im Spektroskop dar? Nach NEWCOMB-ENGELMANN (1921, S.446) „hat man zuweilen bei plötzlichen Helligkeitszunahmen von Kometen auch ein plötzliches Stärkerwerden des kontinuierlichen Spektrums beobachtet“. Entsprechendes gilt vom Kometen SCHWASSMANN-WACHMANN 1, der jenseits der Jupiterbahn umläuft und durch seine enormen Helligkeitsausbrüche bekanntgeworden ist (RICHTER 1954, S.96). Wie ist das aber bei den kurzperiodischen Kometen, die kaum noch Staub freisetzen, aber Lichtausbrüche von tausendfacher Helligkeit zeigen können? Der oft beobachtete rapide Helligkeitsabfall läßt sich mit einer Staubkoma schlechterdings nicht in Einklang bringen.

Kreutz-Kometen haben eine latente Neigung zur „Kopfllosigkeit“ und können trotzdem während Tagen und Wochen lange helle Schweife entwickeln. Wie stellen sich Kopf und Schweif spektroskopisch dar und

wie ändert sich das Schweifspektrum, wenn der Komet vom Nachthimmel an den Tageshimmel neben die Sonne rückt?

Schweifabrisse kommen bei Kometen häufig vor. K.WURM (1954) bringt sie in Zusammenhang mit dem langlebigen und oft in Schweifen nachgewiesenen Kohlenmonoxyd-Molekül CO^+ . Solche Abrisse kann man u.U. auch visuell beobachten (bei P/Halley Mitte April 1986 mit o.g. 50mm-Fernglas!), gelingt das auch spektroskopisch?

Literatur.

- Belopolsky, A. (1909). Spektrum des Kometen 1907 d (Daniel 1907 IV). Mitteilungen der Nikolai Hauptsternwarte zu Pulkowo, Bd. 2, S.20.
- Beyer, M. (1933). Photometrische Kometenbeobachtungen. Die Sterne 14, Heft 3, S.48.
- Beyer, M. (1950). Mitteilungen der Hamburger Sternwarte 9, S.24.
- Beyer, M. (1962). Sky & Telescope 23, S.305 ff.
- Ferrin, I.R., Guzman, E. (1981). How a Cometary Nucleus turns on. Sky & Telescope 62, 103 ff.
- Gondolatsch, F. (1968). Die Kometen und ihre Spektren. Sterne und Weltraum 7, S.4 ff.
- Häfner, R. (1983). Die Spektroskopie von Himmelskörpern. Handbuch für Sternfreunde, Springer, Heidelberg 1983, S.547 ff.
- N.A.S.A. The Study of Comets, Part I, S.177. Newcomb-Engelmann (1921). Populäre-Astronomie.
- Reichstein, M. (1985). Kometen, S.60, Thun und Frankfurt.
- Richter, N. (1954). Statistik und Physik der Kometen, Leipzig.
- Sagan, C.; Druyan, A. (1980). Der Komet, S.130, Droemer-Knaur, Frankfurt.
- Schur, C. (1990). Sky & Telescope 80, 320.
- Swings, P., Haser, L. (o.J.). Atlas of Representative Cometary Spectra, Liege.
- Thorpe, T. (1964). Sky & Telescope 28, 176.
- Valier, M. (1926). Der Sterne Bahn und Wesen, S.124, Leipzig.
- Wurm, K. (1943). Die Natur der Kometen, Mitteilungen der Hamburger Sternwarte 8, 74 ff.
- Wurm, K. (1954). Die Kometen, S.133 f, Springer Berlin-Göttingen-Heidelberg.

Zeitschriften:

Bulletin Astronomique de l'Observatoire Imperial de Rio de Janeiro, 1882.

Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, Leipzig, Neue Folge ab 1873.

Sky and Telescope.

Komet		Literaturzitat
Coggia	1874 III	Sirius 2, 1874, S.269
P/Brorsen	1879 I	Sirius 7, 1879, S.258
Wells	1882 I	Sirius 11, 1883, S.18-
Großer Komet	1882 II	Sirius 11, 1883, S.16, 33, 38
Großer Komet	1882 I	Bulletin Rio de Janeiro 1882, S.174
P/Pons Brooks	1884 I	Sirius 12, 1884, S.90 f
P/Pons Brooks	1884 I	Newcomb-Engelmann(1921), S.469
Holmes	1892 III	Newcomb-Engelmann(1921), S.446
Daniel	1907 IV	Belopolsky (1909), S.20
Johannesburger Komet	1910 I	Sirius 38, 1910, S.42
Schwassmann-Wachmann 1	1925 II	Richter (1954), S.96
Finsler	1937 V	Reichstein (1985), S.60
Finsler	1937 V	Richter (1954), S.51
Honda-Bernasconi	1948 IV	Beyer, M. (1950), S.24
Mrkos	1957 V	Sky & Telescope 14, 1957, S.573
Seki-Lines	1962 III	Sky & Telescope 23, 1962, S.304 ff
Tomita-Gerber-Honda	1964 VI	Sky & Telescope 27, 1964, S.175 ff
Kohoutek	1973 XII	N.A.S.A., The Study of Comets, Part I, S.177
Austin	1990 V	Sky & Telescope 80, 1990, S.320

Abbildungsunterschriften

Abb. 1: Identifizieren beobachteter Emissionen durch Drehen des Prismas.

1a: Anblick im Fernglas ohne Prisma. Dargestellt sind ein Komet, fünf Sterne und ein Planetarischer Nebel – aber wo steht der? Durch den hellsten Stern A ist zur Orientierung ein Achsenkreuz gelegt.

1b: Anblick desselben Sternfeldes mit horizontal gedrehtem Prisma. Der Komet sitzt tiefer; als Planetarischer Nebel verrät sich das Objekt C.

1c: Zu Bestimmung des Spektrums des Kometen wird das Prisma parallel zur Linie K-A gedreht. Die Emission sitzt tiefer als das

Helligkeitsmaximum des Sterns (Gelb), es handelt sich also um die Grün-Emission.

1d: Das Prisma ist parallel zur Verbindungslinie A-C gedreht: Es zeigt sich, daß der Planetarische Nebel im Grün leuchtet (die oft beschriebene blaue Farbe ist also eine optische Täuschung). Die Abbildungen b, c und d zeigen, wie man im Gewimmel der Sterne einen Planetarischen Nebel oder einen Wolf-Rayet-Stern (blaue Emission) lokalisieren kann.

Zu beachten ist, daß die obigen Bilder beim Drehen des Prismas auf einem Kreisbogen mit einem Radius von ca. 25 Grad wandern; man muß schon aufpassen, daß man nicht das Blickfeld aus dem Blick verliert.

Abb. 2: Objektivprismen-Spektrum des Kometen FINSLER 1937 V (phot. N. Richter).

2a: 6. August 1937

2b: 8. August 1937

Eine mit einem Objektivprisma ausgerüstete Kamera erzeugt eine Art "Perlschnurspektrum". Jede dieser Perlen ist die Abbildung einer bestimmten Gashülle im Kometenkopf. Auffällig sind die innerhalb von zwei Tagen auftretenden Helligkeitsänderungen auf der rechten (Rot-)Seite des Spektrums.

Abb. 3: Spaltspektrogramm des Kometen 1975 IX Kobayashi-Berger-Milon nach C.SAGAN.

Der vom Auge wahrnehmbare Teil des Kometenspektrums liegt etwa zwischen 4200 und 6200 Å. Ist die Erddistanz des Kometen bekannt, lassen sich aus der Länge der einzelnen Linien die Durchmesser der verschiedenen Komahüllen direkt in km ablesen.

Abb. 4: Schematische Wiedergabe des Spektrums des Kometen 1975 IX, entsprechend dem Anblick mit Objektivprisma (die violette Emission ist nicht sichtbar und nicht vollständig abgebildet; die Länge des Spektrums ist bedingt allein durch die Konstanten des optischen Systems, sagt also über den Kometen nichts aus).

4a: gleicher Dispersionsmaßstab wie beim Spaltspektrogramm.

4b: verdoppelter Maßstab, in etwa dem visuellen Eindruck entsprechend.

Abb. 5: Kometenspektren (standardisiert). 45°-Prisma vor Fernglas 7x45, 8-20x50, 20x80, jeweils monokular

Emissionen in Gelb (Yellow), Grün (Green), Blau (Blue)

- 1 Bennett 1970 II (70.03.25^d5)
- 2 Kohoutek 1973 XII (73.12.06^d4)
- 3 Kohoutek 1973 XII (74.01.16^d0)
- 4 Bradfield 1974 III (74.03.18^d0)
- 5 West 1976 VI (76.02.06^d0)
- 6 West 1976 VI (76.03.25^d4)
- 7 P/d'Arrest 1976 XI (76.08.23^d1)
- 8 Bradfield 1979 X (80.01.23^d2)
- 9 Austin 1982 VI (82.08.20^d9)
- 10 Austin 1982 VI (82.08.23^d0)
- 11 IRAS-Araki-Alcock 1983 VII (83.05.11^d9)
- 12 P/Halley 1986 III (85.11.10^d9)
- 13 P/Halley 1986 III (85.12.12^d8)
- 14 P/Halley 1986 III (85.12.31^d7)
- 15 P/Halley 1986 III (86.04.03^d2)
- 16 P/Halley 1986 III (86.04.05^d3)
- 17 P/Halley 1986 III (86.04.07^d2)
- 18 P/Halley 1986 III (86.04.27^d2)
- 19 Liller 1988 V (88.05.04^d9)

Anm.: Bei den Spektren 1 und 18 ist das (mehrere Grad lange) Kontinuum des Schweifes angedeutet .