



Sirko Molau und Thomas Hunger,
Ein Versuch zur Video-Meteorspektroskopie

Artikel erschienen im
Journal für Astronomie Nr. 13, Schwerpunkt Spektroskopie
Vereinszeitschrift der [Vereinigung der Sternfreunde e.V. \(VdS\)](#).

Bereitgestellt durch die [VdS-Fachgruppe Spektroskopie](#).

Referenz:

T. Hunger, S. Molau, VdS-Journal Nr. 13 (2004) 8f

Ein Versuch zur Video-Meteorspektroskopie

von Sirko Molau und Thomas Hunger

In diesem Artikel berichten wir über einen Versuch zur Spektroskopie von Meteoren. Zum Einsatz kamen dabei die in der Meteorbeobachtung bewährte bildverstärkte Videotechnik in Verbindung mit einem einfachen holographischen Plastikgitter. Bevor wir auf die Ergebnisse dieses ersten Versuches genauer eingehen, möchten wir zunächst einige grundsätzliche Anmerkungen zur Meteorspektroskopie machen.

Die Frage, warum man überhaupt versucht, Meteorspektren aufzuzeichnen, kann sicherlich jeder selbst beantworten: Die Spektroskopie liefert Informationen über die Physik und Chemie von Himmelskörpern, die man aus dem integralen Licht nicht gewinnen kann. Bezogen auf die Meteorspektroskopie bedeutet das, dass man Hinweise auf die Zusammensetzung der Meteoroiden erhält, die mit unserer Lufthülle kollidieren und dabei aufgerieben werden. Unter den wenigen Verfahren, mit denen man überhaupt Aufbau und Zusammensetzung der Meteoroiden untersuchen kann (Raumsonden, Stratosphärenflugzeuge, Lidar, Meteorite), ist die Spektroskopie mit Abstand die einfachste Methode. Allerdings gestaltet sich die Auswertung von Meteorspektren sehr schwierig. Das Aussehen der Spektren hängt nämlich sehr von der Eintrittsgeschwindigkeit der Partikel, ihrer Dichte und dem Abschmelzprozess ab. Hinzu kommt, dass man im Spektrum die Emissionslinien des Meteoroids von der spektralen Signatur der angeregten Atmosphäre trennen muss. Welche Probleme gibt es bei der Aufzeichnung von Meteorspektren? Wer außer zu den Leoniden einmal versucht hat, Meteorspuren auf Filmmaterial zu bannen, weiß sehr wohl, wie kompliziert dieses Unterfangen ist. Mit einer lichtstarken Kleinbildkamera und empfindlichem Filmmaterial muss man abseits großer Meteorströme etwa 100 Stunden belichten, um eine Sternschnuppe fotografisch einzufangen. Selbst zum Maximum der Perseiden dauert es meistens mehrere Stunden, bis man erfolgreich ist. Grund dafür ist die geringe Empfindlichkeit der Kamera - die Grenzgröße für Meteore liegt etwa im Bereich von 0 mag. Setzt man zusätzlich ein Objektivgitter ein, um

Spektren aufzuzeichnen, sinkt die Grenzgröße noch einmal um etwa drei, bei Verwendung einfacher holographischer Gitter sogar um vier bis fünf Größenklassen! In Abhängigkeit vom Populationsindex des Stromes bedeutet der Verlust einer Größenklasse bereits eine Reduzierung der Meteorzahl bzw. Verlängerung der benötigten Belichtungszeit um einen Faktor zwei bis drei. Man muss also um Größenordnungen länger warten, bis man ein Spektrum fotografiert hat.

Mit dem Einsatz der bildverstärkten Videotechnik entschärft sich das Problem etwas, jedoch ist auch hier nur mit einer relativ geringen Ausbeute zu rechnen. Eine

spektren vorliegt.

Um eine gute Auflösung zu erzielen, wollten wir bei unserem Versuch zu den Lyriden 1998 das Videosystem AVIS mit einer 100-mm-Optik bestücken. Da wir jedoch unter „Erfolgsdruck“ standen (angemeldeter Tagungsbeitrag im Folge Monat) und unbedingt erste Ergebnisse erzielen wollten, wurde kurzfristig das Programm geändert und eine Weitwinkeloptik (1:2,0/35mm) eingesetzt. Wie sich zeigte, war diese Entscheidung richtig. In wenigen Stunden Belichtungszeit konnten drei schwache Meteorspektren von Lyriden der 1. bis 2. Größenklasse gewonnen werden. Alle Spektren wurden am Bildfeldrand aufgezeichnet, so dass sie von der

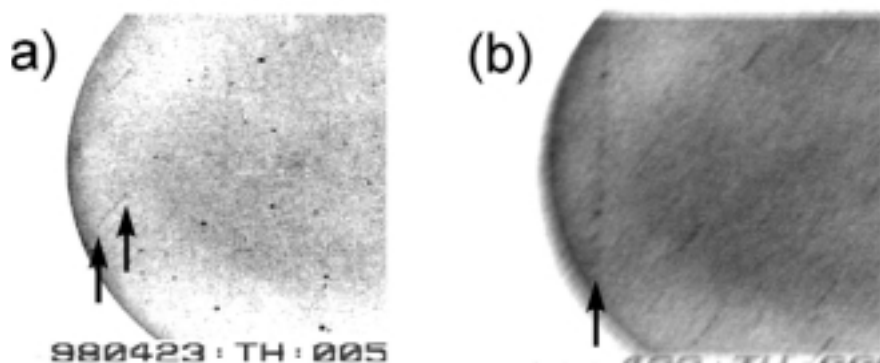


Abb. 1:

Aufnahme eines Meteorspektrums (invertierte Darstellung).

(a) Addition aller Video-Frames mit dem Meteorsignal. Die Pfeile markieren Anfang und Ende der hellsten Emissionslinie.

(b) Rückzentrierung des Meteorspektrums. Das Spektrum ist als „senkrechter Strich mit Knoten“ erkennbar, die Sterne erscheinen als schräge Linien.

(c) Zur besseren Darstellung wird das Spektrum „verbreitert“.

einfache Überschlagsrechnung ergibt, dass man mit einem guten Videosystem abseits großer Ströme nach einigen Beobachtungsstunden mit einem Meteorspektrum rechnen kann, während zum Perseiden-Maximum ein oder mehrere Spektren pro Stunde aufgezeichnet werden können. Dafür muss man jedoch in Kauf nehmen, dass die spektrale Auflösung deutlich schlechter als bei der Fotografie ist. Das ist der Grund dafür, dass die Zahl qualitativ hochwertiger (fotografischer) Meteorspektren heutzutage noch recht gering ist, während bereits eine größere Anzahl geringaufgelöster Video-Meteor-

Teleoptik nicht erfasst worden wären. Hinzu kam, dass die spektrale Auflösung zwar gering war, die Spektren dafür aber vollständig vorlagen und nicht aus dem Gesichtsfeld „hinausragten“.

Mit diesem Beobachtungsmaterial konnte nun die Auswertung von Meteorspektren erprobt werden. Die Abbildung 1 zeigt das beste der drei von uns aufgezeichneten Spektren. Die einzelnen Video-Frames mit dem Meteorspektrum wurden dazu digitalisiert und überlagert. Wie man sieht, sieht man (fast) nichts... Zwei bis drei Emissionslinien heben sich schwach von Hintergrund ab, der Rest verschwindet im

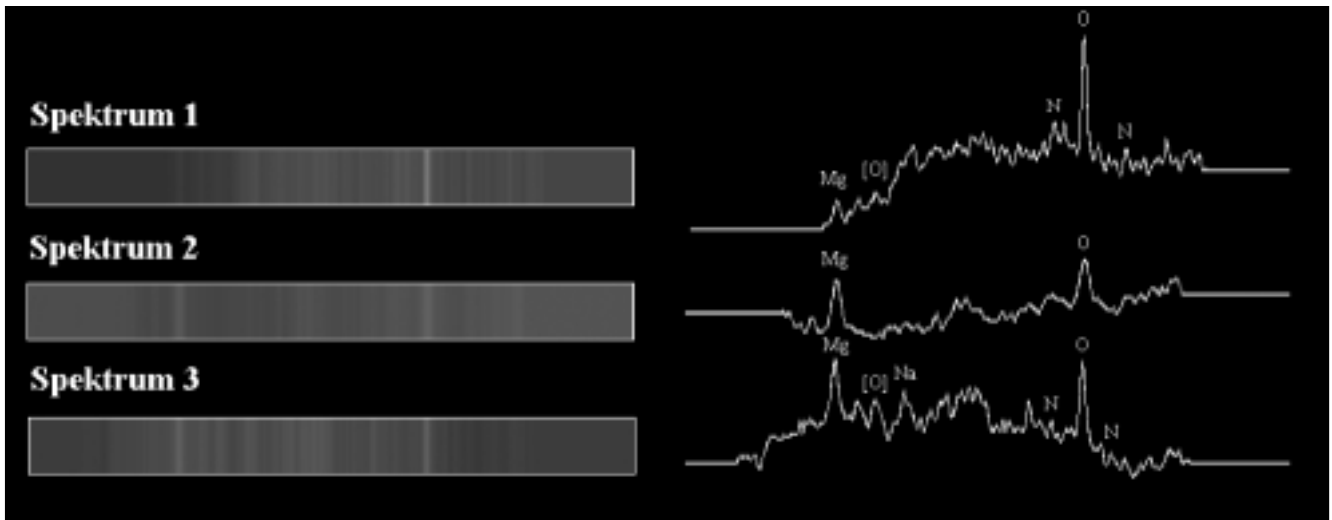


Abb. 2:

Links: Rückzentrierte und verbreiterte Spektren unserer drei Testkandidaten. Die zwei markanten Emissionslinien bei 517 nm (Mg) und 777 nm (O) sind in jedem Spektrum enthalten.

Rechts: Intensitätsverlauf der Spektren mit einigen identifizierten Linien.

Rauschen. Das ist nicht verwunderlich, denn die drei spektroskopierten Meteore waren nahe der Grenzgröße unseres Kamerasystems. Wir mussten also in die Trickkiste der Bildverarbeitung greifen, um mehr aus den Aufnahmen herauszuholen.

Zunächst wurden die Frames auf die Meteorspur zurückzentriert. Dabei ging zwar die zeitliche Information des Spektrums verloren (also welche Linien früher und welche später aufgeleuchtet sind), dafür verbessert sich das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) erheblich. In einem zweiten Schritt wurden die Spektren dann seitlich „auseinandergezogen“, damit man die einzelnen Linien besser erkennen kann. Die so gewonnenen Spektren zeigen eine Vielzahl von Details, jedoch waren wir uns nicht sicher, was davon wirklich zum Meteor gehört und was lediglich Hintergrundrauschen war. Erst als wir mehrere der Linien in zwei oder allen drei Spektren wiederfinden konnten, fühlten wir uns auf der sicheren Seite (Abb. 2).

Bei der Identifikation der Spektrallinien gingen wir ganz pragmatisch vor: In allen drei Spektren waren zwei Emissionslinien besonders markant. Anhand der Literatur musste es sich dabei um das unaufgelöste Magnesium-Triplett bei 517 nm und das Sauerstoff-Multiplett bei 777 nm handeln. Nachdem wir das Spektrum über diese beiden Linien geeicht hatten, konnten wir die Wellenlängen der anderen Linien linear interpolieren (Gitter weisen eine lineare Dispersion auf!) uns sie mit Hilfe eines Linienkataloges identifizieren. Die ermit-

telten Linienpositionen (Natrium bei 589 nm, Stickstoff bei 747 und 822 nm) wichen nicht mehr als einen Nanometer von den erwarteten Position ab. Besonders interessant war die „verbotene“ Linie des Sauerstoffs bei 558 nm, die häufig in Nachleuchtspuren von Meteoren zu sehen ist und zum ersten Mal 1958 von Ian Halliday identifiziert wurde. Die Spektren zeigten also deutlich mehr, als wir zunächst vermutet hatten, und die Bildbearbeitung hatte nicht nur Artefakte erzeugt, sondern wirklich schwache Spektrallinien herausgearbeitet.

Der Versuchsaufbau war natürlich noch lange nicht perfekt. So sollte man wie beschrieben eine längerbrennweitige Optik einsetzen, um die Auflösung des Meteorspektrums zu erhöhen. Außerdem sollte man bei ausreichendem Datenmaterial die Auswertung etwas professioneller gestalten. So ist bisher sowohl die Verzeichnung des optischen Systems, als auch die unregelmäßige Hintergrundhelligkeit und vor allem die stark variable spektrale Empfindlichkeit des Empfängers vernachlässigt worden. Auch die Methode der Linienidentifikation wurde hier sehr einfach gehalten.

Zum Schluss noch ein Hinweis für Besitzer der Mintron-CCD-Videokamera, die mittlerweile von vielen Amateuren eingesetzt wird. Ein praktischer Vergleich hat gezeigt, dass die Mintron-Kamera etwa einen Faktor drei bis fünf weniger Meteore als eine bildverstärkte Videokamera aufzeichnet. Man muss also etwas mehr Geduld aufbringen, um mit ihr Meteor-

spektren zu erhalten, aber dafür sind die Aufnahmen weniger verrauscht und die Technik ist deutlich robuster und preiswerter. Gerade zu großen Meteorströmen wie den Perseiden sollte man in der Lage sein, mit der Mintron-Kamera Meteorspektren aufzuzeichnen.

Weitere Tipps und Hinweise zur Gewinnung und Auswertung von Meteorspektren kann man sich bei den VdS-Fachgruppen Meteore und Spektroskopie holen.



DER WEG NACH OBEN

„Wir hätten die Seilbahn nehmen können, MOS... aber du wieder mit deinen sportlichen Ambitionen.“

„Ein Gipfel ist viel schöner, wenn man ihn durch körperliche Anstrengung erobert!“

„Aber die Aussicht ist die gleiche!!!“