

Spektroskopische Versuche zu LTP

Richard Walker, Rifferswil 11.11.2019, Version 4

richiwalker@bluewin.ch

1. Anlass

Gegenwärtig ist eine LTP Kampagne angelaufen, welche von Heinz Hilbrecht von der VdS Fachgruppe "Sonne" initiiert und begleitet wird. In diesem Rahmen hat der Autor an der Sternwarte Bülach (CH), zusammen mit Heinz Hilbrecht und Stefan Meister, während der Vollmondphase vom 13.10.2019, eine spektroskopische "Trockenübung" durchgeführt (Terminator Colongitude: SSC~91°). Als Hauptzweck sollten dabei praktische Erfahrungen bei der Lokalisierung und der nachfolgenden spektralen Aufzeichnung und Auswertung eines LTP Ereignisses gesammelt werden, damit später im Ereignisfall keine wertvolle Zeit verloren geht.

LTP (manchmal auch TLP) steht für "Lunar Transient Phenomena" und umfasst kurzfristig beobachtbare Phänomene auf der Mondoberfläche mit unterschiedlichen Ursachen. Details dazu können im *LTP Manual* von Heinz Hilbrecht gefunden werden [2]. Dieses wird zukünftig noch um die "spektroskopischen Dimension" erweitert werden. Bei unseren Tests stand der spektroskopische Nachweis möglicher vulkanischer Gasaustritte im Fokus, welche hauptsächlich um die Vollmondphasen durch den verstärkten Sonnenwind zu Emissionen angeregt werden können.

2. Verwendete Geräte

Verwendet wurde der DADOS Spektrograf von Bader Planetarium mit dem Reflexionsgitter 200 L mm^{-1} am Ritchey Chrétien-Astrografen (Pro RC 360) mit 2880 mm-Brennweite. Die spektrale Auflösung beträgt so $R \sim 900$. Zwischen Teleskop und Spektrograf war ein Klappspiegel (Flip Mirror) mit einem 25 mm Okular geschaltet.

3. Lokalisierung und Positionierung eines LTP Ereignisses

Als Testobjekte wurden zwei der potentiellen "LTP Hotspots", das *Archistarchus Plateau* und der *Krater Copernicus*, angepeilt. Trotz der typischerweise extrem hellen aber kontrastarmen Vollmondphase konnten die beiden markanten Objekte auf Anhieb gefunden und zuerst im Okular des Klappspiegels zentriert werden.

Erkenntnis: Wenn ein LTP Ereignis im Okular des Klappspiegels sichtbar wird, könnte es auch auf dem Spektrografenspalt positioniert werden, selbst wenn hier die Bildqualität, infolge des nicht ganz planen DADOS Spaltspiegels, reduziert ist.

Abb. 1 zeigt die Position des mittleren 25 μ m Spaltes auf dem Aristarchus Krater mit seiner auffällig hohen Albedo.

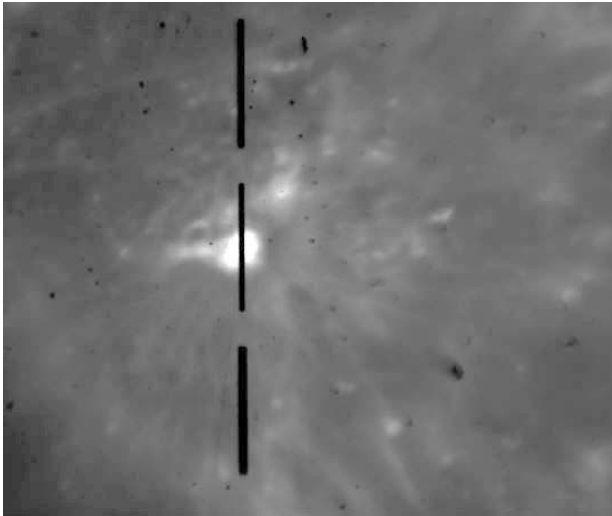


Abb. 1: Aristarchus Plateau

Abb. 2 zeigt dieselbe Spaltkonfiguration auf dem Copernicus Krater

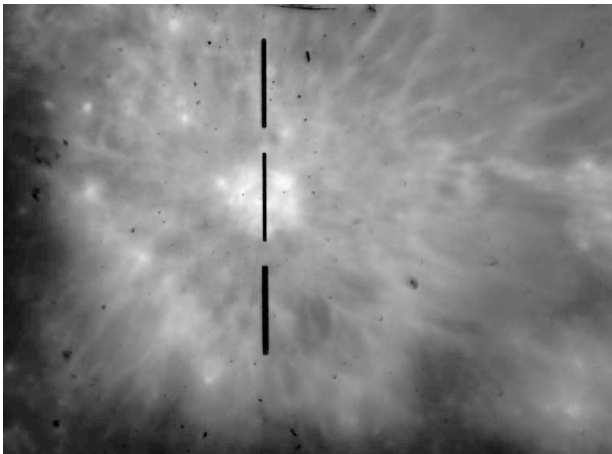


Abb. 2: Krater Copernicus

4. Das Reflexionsspektrum der Mondoberfläche

Erwartungsgemäss zeigt bei dieser niedrigen spektralen Auflösung die Reflexion der "neutralen" Mondoberfläche nur das solare Absorptionsspektrum, mit den typischen, meist metallischen Absorptionen unseres G2V Hauptreihensterns. In der vertikalen Richtung ist in Abb. 3 zudem das Helligkeitsprofil entlang des mittleren 25 μ m Spaltes erkennbar welcher durch den zentralen Bereich des Kraters Aristarchus verläuft (Spaltposition gem. Abb. 1). Dieser Helligkeitsverlauf wird durch die unterschiedliche Albedo aber auch durch die Topografie der Mondoberfläche verursacht.

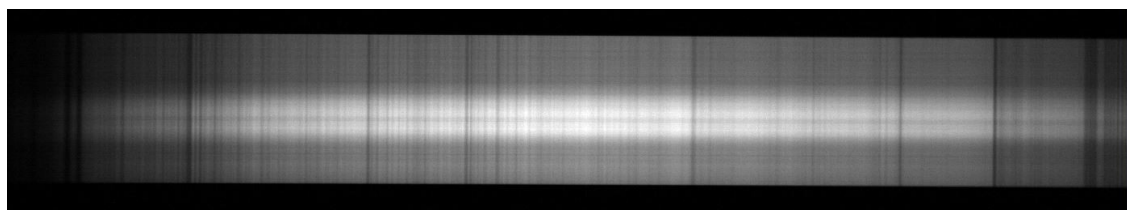


Abb.3

Abb. 4 zeigt dasselbe für den Krater Copernicus (Spaltposition gem. Abb. 2)

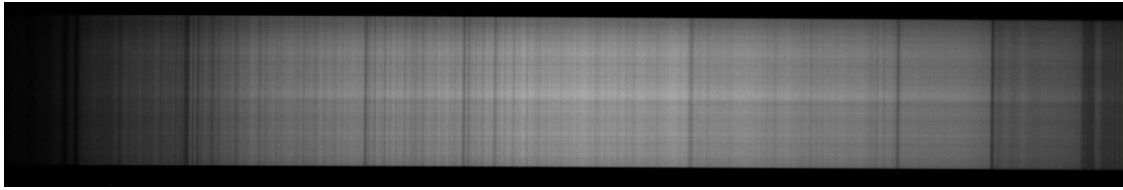


Abb. 4

5. Spektrale Dokumentation eines LTP Ereignisses

Dieser Testlauf ergab vorläufig folgende Punkte, welche bei einer zukünftigen, spektroskopischen Aufzeichnung eines LTP Ereignisses beachtet werden müssen:

1. Spaltbreite/Auflösung

Weil hier genügend Licht vorhanden ist, kann der dünnste Spalt gewählt werden, welcher auch die höchste spektrale Auflösung generiert (DADOS mittlerer 25µm Spalt). Prioritär soll ein niedrig aufgelöstes *Breitbandspektrum* von ca. 3900 – 7000 Å aufgezeichnet werden (DADOS Gitter 200 L mm⁻¹). Falls es die Dauer des LTP zulässt, können interessante Teilbereiche zusätzlich noch mit höher auflösenden Gittern spektroskopiert werden.

2. Referenzspektrum

Neben dem LTP Spektrum soll in unmittelbarer Nähe des Ereignisses ein zusätzliches Referenzspektrum der ungestörten Mondoberfläche gewonnen werden. Falls möglich soll der Spalt so positioniert werden, dass er neben dem LTP auch über nicht betroffene "neutrale" Oberfläche möglichst gleicher Albedo verläuft. So kann mit einer Aufnahme gleichzeitig das LTP und das Referenzspektrum aufgezeichnet werden.

3. Dokumentation der Spaltposition

Die Spaltposition, mit welcher das Spektrum aufgezeichnet wurde, muss mit einem Screenshot der Spalkamera dokumentiert werden (analog Abb. 1 und 2). Falls es die limitierte Bildqualität zulässt, wäre es optimal, wenn darauf auch das LTP Ereignis erkennbar wäre.

4. Eichung der Wellenlängenachse

Da es hier ausschliesslich um die Identifikation der Spektrallinien, basierend auf der Ruhestellenlänge λ_0 , und nicht um die Radialgeschwindigkeit geht, soll das Spektrum aufgrund bekannter Linien im Sonnenspektrum und nicht mit der Kalibrierlampe geeicht werden.

5. Eichung der Intensitätsachse

Die Darstellung der effektiven solaren Strahlungscharakteristik in Funktion der Wellenlänge ist hier uninteressant. Deshalb soll keine radiometrische Korrektur mit Standardstern durchgeführt, sondern lediglich der Verlauf des aufgezeichneten "Pseudokontinuums" entfernt werden. Das Niveau I_c dieses horizontalen Profils, wird dann abschliessend noch auf 1 normiert. Die so erreichte Vereinheitlichung der Strahlungsintensität über die gesamte Wellenlängenachse ermöglicht einen einfachen Vergleich der Linienintensitäten "I" relativ zum Kontinuum " I_c " ($P = I/I_c$). Es erleichtert aber auch die Vermessung von eventuell auftretenden, diskreten Emissionslinien sowie von Einbrüchen im Kontinuumsverlauf (5.3).

6. Astrofotografische Dokumentation

Falls es die Dauer des LTP erlaubt, soll das Ereignis anschliessend zusätzlich noch ohne Spektrograf direkt fotografiert werden. Dies hat allerdings klar 2. Priorität.

7. Alarmierung im Ereignisfall

Eine Alarmierung interessierter Beobachter im Ereignisfall über WhatsApp oder SMS wird momentan vorbereitet.

5. Zu erwartende spektrale Signaturen

1. Bisher aufgezeichnete Spektren

Diverse Recherchen ergaben, dass erstaunlicherweise A. Kozyrev 1958 im Krater Alphon-sus das bisher einzige bekannte Spektrum eines solchen Ereignisses aufgezeichnet und publiziert hatte [3]! Leider ist das im Bericht reproduzierte "Spektralband" nur im kurzwelligen Bereich um ca. 4000Å lesbar und zeigt hier die typischen Absorptionslinien des Sonnenlichts. Die von Kosyrev beschriebenen- und hier ausschliesslich interessierenden Emissionen der durch Kohlenstoff C₂ erzeugten Swanbänder [8], erscheinen im langwelligen Bereich leider ausgeschwärzt und bleiben daher unsichtbar.

Fazit: Hier liegt ein Forschungsfeld vor uns, welches bisher offensichtlich vernachlässigt wurde und längst bearbeitet werden sollte!

2. Emissionslinien

Das Paper von Kosyrev zeigt, dass bei lunaren Gasaustritten tatsächlich Emissionslinien auftreten können. Dies erleichtert wesentlich die Separierung vom solaren Absorptionsspektrum, weil Emissionen vom Kontinuum nach oben abgehen. Zusätzlich könnte hier versucht werden, das Referenzspektrum, mit den rein solaren Absorptionen, vom LTP Profil zu subtrahieren. Neben den beschriebenen, breiten Swanbändern könnten auch diskrete Emissionen von anderen Gasen wie Radon, Helium etc. auftreten.

3. Einbrüche im Kontinuumsverlauf

Ähnlich wie bei den Reflektionsspektren der grossen Gasplaneten könnten auch hier grössere Einbrüche im Kontinuumsverlauf auftreten, welche infolge der wellenlängenabhängigen Albedo einzelnen Molekülen zugeordnet werden könnten [8].

6. Literatur/Links

- [1] LTP Projekt der VdS Fachgruppe Sonne, <http://sonneonline.org/de/AG-LTP-Projekt.php>
- [2] Heinz Hilbrecht, *LTP Manual*, <http://sonneonline.org/de/LTP-Projekt/LTP-Manual.pdf>
- [3] N. A. Kozyrev, *Spectroscopic Proofs for Existence of Volcanic Processes on the Moon* 1962 <http://adsabs.harvard.edu/full/1962IAUS...14..263K>
- [4] D. Alter, *The Kozyrev Observations of Alphonsus*, Berkley California 1958 <http://adsabs.harvard.edu/full/1959PASP...71...46A>
- [5] A. Dadaev, *Nikolai A. Kozyrev (1908 –1983) – Discoverer of Lunar Volcanism*, Juli 2009 [https://www.researchgate.net/publication/26842353_Nikolai_A_Kozyrev_1908-1983 - Discoverer of Lunar Volcanism On the 100th Anniversary of His Birth](https://www.researchgate.net/publication/26842353_Nikolai_A_Kozyrev_1908-1983_-_Discoverer_of_Lunar_Volcanism_On_the_100th_Anniversary_of_His_Birth)
- [6] A. J. Cohen, *Source of Evolution of Gas from the Lunar Crater Alphonsus*, Nature 201: pages 1015–1016 (1964) <https://www.nature.com/articles/2011015a0>
- [7] Z. Copal, *Volcano on the Moon?*, The New Scientist, Manchester University, 1958 Vol 4, No 106 <https://books.google.ch>
- [8] R. Walker, *Spectral Atlas for Amateur Astronomers: A Guide to the Spectra of Astronomical Objects and Terrestrial Light Sources* (Cambridge University Press, 2017).
- [9] Wikipedia, *Nikolai Alexandrowitsch Kosyrew* https://en.wikipedia.org/wiki/Nikolai_Aleksandrovich_Kozyrev
- [10] Wiki, *Nikolai Kosyrew* https://the-moon.us/wiki/Nikolai_Kozyrev
- [11] Wikipedia, *LTP* https://en.wikipedia.org/wiki/Transient_lunar_phenomenon