

Mond unter Beschuss

Autor(en): **Witt, Volker**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **78 (2020)**

Heft 4

PDF erstellt am: **18.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1007097>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Merkwürdige Lichtblitze

Mond unter Beschuss

Als wissenschaftliches Forschungsobjekt hat der Mond bei den professionellen Astronomen längst ausgedient. Nur die Amateure, besonders wenn sie Einsteiger in die Hobbyastronomie sind, erfreuen sich meist an seiner Beobachtung. Nun zeigen Astronomen des Nationalobservatoriums von Athen, dass unser Erdtrabant auch heute noch attraktive Wissenschaft ermöglicht, denn sie finden dort merkwürdige Blitze.

Schon seit Längerem wird immer mal wieder über kurzzeitige Leuchtphänomene berichtet, die auf der Mondoberfläche sporadisch beobachtet werden. Diese sogenannten «Transient Lunar Phenomena» – abgekürzt TLPs oder auch Moonblinks genannt – traten bevorzugt in bestimmten Mondregionen, meist Kratern, auf und wurden auf Lumineszenzvorgänge von Gasen zurückgeführt, die aus dem Mondinneren entweichen. Bereits im Jahr 1965, also noch vor der ersten Mondlandung, initiierte die NASA am Goddard Space Flight Center das «Project Moon-Blink», um mit Hilfe eines Netzwerks von elf Observatorien, die über die ganzen USA verteilt waren, solche Leuchtphänomene auf dem Mond zu registrieren.

Die dabei eingesetzten Reflektoren hatten meist Öffnungen zwischen 16 und 30 Zoll und zeichneten die TLPs fotografisch oder mittels elektronischer Detektoren auf. Durch den Einsatz von Farbfiltern sollten dabei zeitlich limitierte Farbänderungen der Mondoberfläche aufgespürt werden.

Zu den TLPs zählen aber auch die Mondblitze, extrem kurzzeitige Leuchterscheinungen, die beim Einschlag von Meteoroiden oder anderen erdnahen Kleinkörpern auf der Mondoberfläche entstehen. Da der Erdtrabant keine Atmosphäre besitzt, können bereits kleinste Impaktkörper von wenigen Gramm Masse einen metergrossen Krater erzeugen, wenn sie mit einer Geschwindigkeit von



Abbildung 1: Im Norden der griechischen Halbinsel Peloponnes widmen sich die Astronomen des Nationalobservatoriums von Athen seit fast einem halben Jahrhundert der professionellen Himmelsbeobachtung. Die Sternwarte liegt bei der kleinen Ortschaft Kryoneri in 930 Metern Seehöhe und ist in eine rustikale, von Weinbergen geprägte Landschaft eingebettet.

Bild: Alexios Liakos, Nationalobservatorium von Athen

bis zu 70 Kilometern pro Sekunde auf dem Mond einschlagen. Die Einschlagsrate steigt bei Meteorschauern, etwa der Leoniden oder Perseiden meist signifikant an. So konnten spanische Astronomen im November 1999 während des Leonidenschauers mit einem vergleichsweise kleinen Teleskop auf der Nachtseite des Mondes fünf Blitze registrieren, die alle weniger als 20 Millisekunden dauerten, wie es für einen Impact hoher Geschwindigkeit typisch ist.

Im Laufe einer von der NASA am Marshall Space Flight Center durchgeführten Beobachtungskampagne wurden ab dem Jahr 2005 Meteoroid-Impakte auf dem Mond systematisch aufgezeichnet. Mit handelsüblichen Teleskopen, die mit einer Videoeinrichtung ausgestattet waren, suchten die Wissenschaftler in etwa zehn Nächten pro Monat nach solchen Mondblitzen. Mit entsprechender Software konnten die Blitze automatisch detektiert werden, wenn sie zeitgleich auch von einem zweiten Teleskop gesehen wurden.

Da solche unvermittelt auftretenden Geschosse eine erhebliche Gefahr für die bemannte Raumfahrt oder gar für bemannte Raumstationen auf dem Mond bedeuten, besteht auch heute wieder ein grosses Interesse, die Häufigkeit und Qualität solcher Impaktereignisse zu erforschen.

MOONBLINKS ÜBER DEM PELOPONNES

Im März 2017 begann das Nationalobservatorium von Athen (NOA) im Rahmen des Projekts NELIOTA mit seinem 1,2-Meter-Teleskop auf dem griechischen Peloponnes mit der regelmässi-

gen Beobachtung von Moonblinks. Der Name NELIOTA steht dabei für «Near-Earth object Lunar Impacts and Optical TrAnsients». Das von der Europäischen Weltraumbehörde ESA mitfinanzierte Unternehmen soll noch bis Anfang 2021 weitergeführt werden (<https://neliota.astro.noa.gr/>).

Die schon im Jahr 1972 gegründete Sternwarte liegt – umgeben von Weinbergen – in der Nähe der kleinen Ortschaft Kryoneri auf einer 930 Meter hohen Erhebung des Bergmassivs Kyllini, von wo der Blick bis zum Golf von Korinth schweift (Abbildung 1).

Seit dem Jahr 1975 fanden am Kryoneri-Observatorium mit einem der grössten Teleskope Griechenlands wissenschaftliche Beobachtungen statt. Dabei diente es auch zur praktischen Ausbildung von Studenten der Universitäten von Athen, Thessaloniki und Patras, die hier beispielsweise die Fotometrie von Doppelsternsystemen oder Veränderlichen erlernen konnten.

Das Observatoriumsgebäude beherbergt unter der domförmigen Kuppel das eigentliche Teleskop, während sich in den unteren Etagen der Kontrollraum, ein Aufenthaltsraum für den Astronomen, Stellplätze für die Datentechnik und die Bedampfungsanlage für den Teleskopspiegel befinden (Abbildung 2). Das vom britischen Hersteller *Grubb Parsons* gefertigte 1.2-Meter-Teleskop war ursprünglich als Cassegrain-Reflektor ausgeführt und stellte bis zum Jahr 2008 das Hauptinstrument des NOA dar. Es wurde im Jahr 2016 für die Durchführung des NELIOTA-Programms umgebaut, sodass nunmehr die Beobachtungen ausschliesslich im Primärfokus



Abbildung 2: Am einsam gelegenen Kryoneri-Observatorium ist die komplette Infrastruktur vorhanden, die für anspruchsvolle astronomische Forschung benötigt wird. In letzter Zeit haben sich die Astronomen dort auf die Beobachtung von Mondblitzen spezialisiert, die beim Einschlag von Meteoroiden entstehen.

Bild: Volker Witt

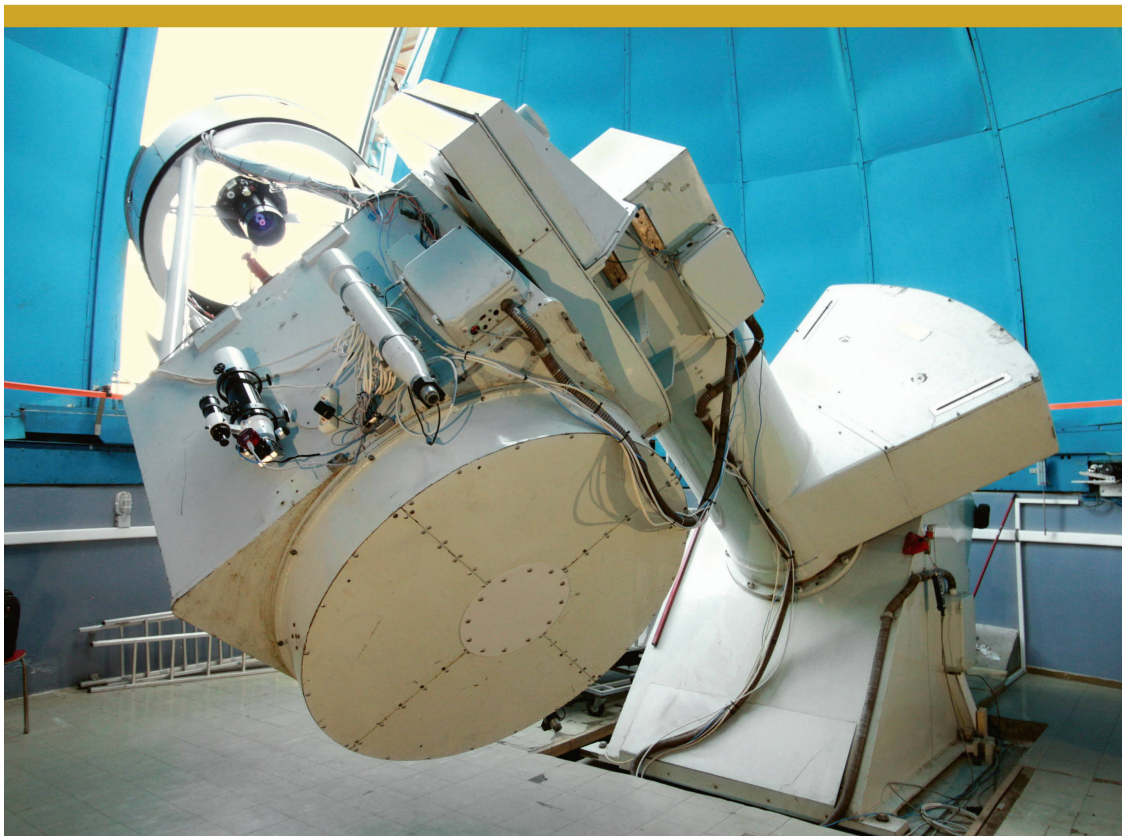


Abbildung 3: Das von der Firma *Grubb Parsons* gefertigte Spiegelteleskop wurde ursprünglich in der Cassegrain-Konfiguration mit einem Öffnungsverhältnis von 1 : 13 verwendet. Für die Zwecke des NELIO-TA-Projekts erfuhr das Instrument ein umfangreiches Upgrade, das sowohl eine Erneuerung der Hardware wie auch die Installation eines automatischen computerbasierten Kontrollsystems umfasste. Beobachtungen werden jetzt ausschliesslich im Primärfokus des 1.2-Meter-Spiegels bei einem Öffnungsverhältnis von 1 : 2.8 durchgeführt.

Bild: Volker Witt

erfolgen (Abbildung 3). Im Rahmen eines umfangreichen Upgrades erfolgte auch der Einbau einer computer-basierten vollautomatischen Teleskopsteuerung. Der aus der Glaskeramik Zerodur bestehende parabolische Hauptspiegel hat einen Durchmesser von 1.2 Metern und besitzt ein Öffnungsverhältnis von 1:2.8. Er wird in der hauseigenen Bedampfungsanlage in regelmässigen Zeitabständen neu aluminisiert (Abbildung 4).

Am Frontring des Teleskops, also im Primärfokus, befinden sich die beiden Kameras vom Typ Andor Zyla 5.5, die mit besonders empfindlichen sCMOS-Bildsensoren ausgestattet sind und die Mondoberfläche mit einer Wiederholungsrate von 30 Bildern pro Sekunde abbilden. Das vom Hauptspiegel kommende Licht gelangt über mehrere Bildfeldebnungslinsen zu einem dichroitischen Strahlteiler, sodass die beiden Kameras mit Licht verschiedener Wellenlänge versorgt werden. Während die eine Kamera nur «rotes» Licht aus dem R-Band mit einer Wellenlänge zwischen 550 und 750 Nanometern empfängt, arbeitet die andere Kamera ausschliesslich mit Licht aus dem I-Band (Infrarot), das von 720 bis 900 Nanometer reicht. Die Aufspaltung in zwei Wellenlängenbereiche erfordert eine besondere Geometrie, wie die rechtwinkelige Anordnung der Kameras zueinander zeigt (Abbildung 5). Das Gesichtsfeld der Kameras beträgt jeweils etwa 17 mal 14.4 Bogenminuten. Zur Steigerung der Empfindlichkeit werden jeweils vier Pixel des Bildsensors zu einem Bildelement zusammengefasst (2 x 2 Binning), was einer Auflösung von 0.8 Bogensekunden pro Bildelement oder 1.5 Kilometern auf der Mondoberfläche entspricht.

Die Verwendung zweier Kameras hat den Vorteil, dass sich damit Kamerafehler oder spontane Signale etwa durch Cosmics ausschliessen lassen. Wichtig ist dabei, dass die mit jeweils 33 Millisekunden Abstand folgenden Bilder beider Kameras gut synchronisiert sind, was mit einer Genauigkeit von besser als sechs Millisekunden gelingt.

Als weiteren Vorteil bietet die Beobachtung bei zwei verschiedenen Wellenlängen die Möglichkeit, die beim Einschlag der Objekte entstehende Temperatur abzuschätzen. Unter der Annahme, dass die freigesetzte Strahlung der eines Schwarzen Körpers entspricht, hängt das Verhältnis der im R- und im I-Band gemessenen Strahlungsenergie nur von der Temperatur ab. Um dafür verlässliche Werte zu erhalten, ist während der Messreihen die wiederholte Kalibrierung der Kameras an Standardsternen nötig. Die in der Praxis gefundenen Temperaturen liegen mehrheitlich zwischen 2'000 und 3'500 Kelvin.

BEOBSACHTUNG LIVE

Ich hatte das Glück, bei meinem Besuch am Kryoneri-Observatorium dem Astronomen *Alexios Liakos* vom Nationalobservatorium von Athen während seiner Arbeit über die Schulter sehen zu dürfen, wofür ihm hier herzlich gedankt sei (Abbildung 6). Die Beobachtung der Mondblitze erfolgt wegen des erwünschten Kontrastes grundsätzlich auf der Nachtseite des Mondes. Eine optimale Situation ist gegeben, wenn die Mondphase Werte zwischen 0.10 und 0.45 annimmt, und sich der Erdtrabant dabei mehr als 20 Grad

Abbildung 4: Der aus der Glaskeramik Zerodur bestehende 1.2-Meter-Spiegel wird in regelmäßigen Zeitabständen in der hauseigenen Verdampfungsanlage mit einer frischen Aluminiumschicht belegt.

Bild: Volker Witt



über dem Horizont befindet. Damit ergibt sich ein Zeitfenster bei zunehmendem Mond bis fast zum ersten Viertel, bei abnehmendem Mond in der zweiten Nachthälfte ab dem letzten Viertel, was pro Monat in der Regel fünf bis acht Beobachtungsnächte ermöglicht.

Bei zunehmendem Mond, wie es bei meinem Besuch der Fall war, beginnen die Beobachtungen abends etwa 20 Minuten nach Sonnenuntergang mit der Belichtung von Flatfields am Dämmerungshimmel. Die eigentliche Mondbeobachtung ist in Blöcke von jeweils 15 Minuten Dauer unterteilt. Zum Ende eines jeden Beob-

achtungsblocks, also alle 15 Minuten, schwenkt das Teleskop automatisch zu einem nahe gelegenen Standardstern, um die Kameras neu zu kalibrieren. Nach einem weiteren Schwenk zurück zum Mond beginnt die Prozedur von Neuem. Am Ende einer solchen Beobachtungsreihe werden schliesslich noch Dunkelbilder für die Kameras aufgenommen.

Die Auswertung der so gewonnenen Mondbilder erledigt eine speziell für das NELIOTA-Projekt erstellte Software, die eine automatische Reduktion der Daten vornimmt und selbstständig nach



Abbildung 5: Zwei moderne, hochempfindliche sCMOS-Kameras sind im Primärfokus des Reflektors angebracht und registrieren die Mondbilder synchron bei unterschiedlichen Wellenlängen, nämlich im R- und I-Band. Da das vom Hauptspiegel kommende Licht über einen dichroitischen Strahlteiler an die beiden Kameras weitergeleitet wird, sind diese zueinander rechtwinkelig angeordnet.

Bild: Volker Witt



Abbildung 6: Der Astronom *Alexios Liakos* vom Nationalobservatorium Athen kümmert sich hier von einem separaten Kontrollraum aus gerade um die Teleskopsteuerung. An zwei weiteren Bildschirmen werden die Daten der beiden Kameras angezeigt.

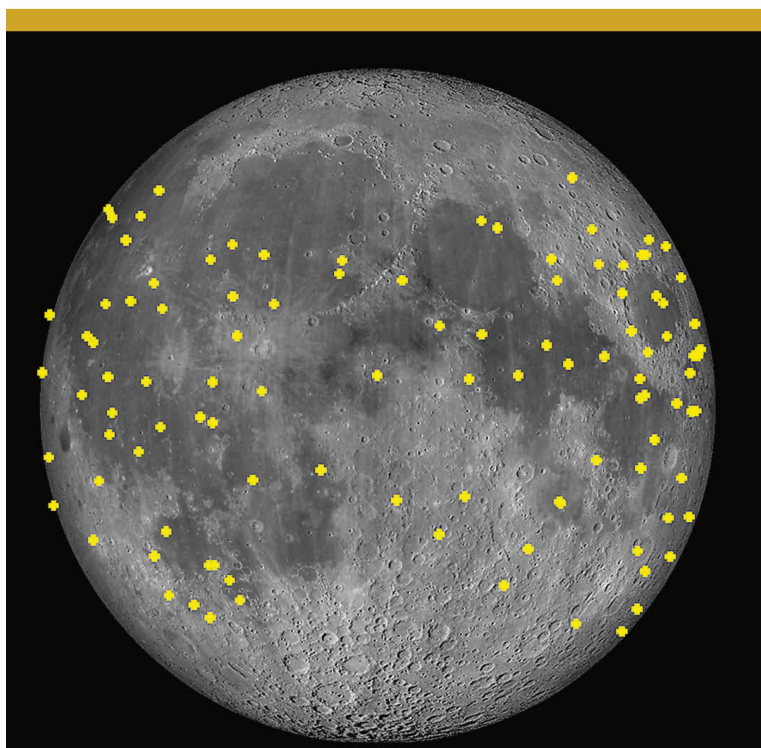
Bild: Volker Witt

Mondblitzen sucht. Die von den Kameras registrierten Blitze besitzen meist eine scheinbare Helligkeit zwischen 6. und 12. Grösse und dauern entsprechend der Belichtungszeit der Kameras 33 Millisekunden oder weniger. Es wurden aber auch Blitze mit einer Dauer von 165 Millisekunden gefunden, die von entsprechend grossen Impaktkörpern stammen mussten. Leider hat sich während meines Besuchs in Kryoneri kein Impaktereignis ergeben.

Die Autoren neuerer Studien zu den Impaktvorgängen konnten zeigen, dass die Intensität der Einschlagsblitze mit der Masse der Einschlagskörper korreliert. Unter bestimmten Modellannahmen darf also mit Hilfe einer sorgfältigen Fotometrie der Blitze auf die Masse der einschlagenden Körper geschlossen werden. In einer jüngst in der Zeitschrift *Astronomy & Astrophysics* erschienenen Arbeit haben *Alexios Liakos* und weitere Autoren eine umfangrei-

che Analyse von 79 Impaktereignissen vorgelegt, die mit dem Kryoneri-Teleskop in den letzten drei Jahren zweifelsfrei beobachtet wurden. Demnach würde je nach angenommener Dichte und Geschwindigkeit der einschlagenden Meteoroiden ihre Masse zwischen 0.7 Gramm und 8 Kilogramm anzusetzen sein, was Durchmessern von 1 bis 20 Zentimetern entspräche. Die Grösse der beim Einschlag auf dem Mond entstehenden Krater würde dann von ungefähr 1 bis 8.5 Meter variieren.

Bis jetzt (Stand Mai 2020) wurden mit dem Kryoneri-Teleskop in 152 Stunden reiner Beobachtungszeit 105 Impaktereignisse auf dem Mond sicher nachgewiesen (Abbildung 7). Bis zum Abschluss der Kampagne dürften aber wohl noch einige weitere Einschläge hinzukommen. <



LITERATUR

- *Bonanos, A. Z. et al.*: NELIOTA: First temperature measurement of lunar impact flashes. In: *Astronomy & Astrophysics*, Volume 612, A76 (2018)
- *Kopal, Z.* (Hrsg.): *Physics and Astronomy of the Moon*. Academic Press, New York and London, 1962
- *Koschny, D.*: Das Rätsel der Mondblitze. In: *Sterne und Weltraum* 58 (9/2019), S. 34 – 39
- *Suggs, R. M. et al.*: The NASA Lunar Impact Monitoring Program. In: *Earth, Moon and Planets* 102, S. 293 – 298 (2008)
- *Liakos, A. et al.*: NELIOTA Lunar Impact Flash Detection and Event Validation. In: *Proceedings of the 1st NEO and Debris Detection Conference*, Darmstadt, Januar 2019 (arXiv:1901.11414)
- *Liakos, A. et al.*: NELIOTA: Methods, statistics, and results for meteoroids impacting the Moon. In: *Astronomy & Astrophysics*, Volume 633, A112 (2020)

Abbildung 7: Die bisher beobachteten 105 Einschläge sind annähernd gleich über den Mond verteilt. Das Bild zeigt das Ergebnis nach etwa dreijähriger Mondbeobachtung.

Bild: NOA/ESA