

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** - (1958)  
**Heft:** 62

**Artikel:** Das Messen von Temperaturen auf dem Mond und den Planeten  
**Autor:** Sinton, W.M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-900271>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# ORION

Mitteilungen der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

Oktober — Dezember 1958

Nr. 62

12. Heft von Band V — 12me fascicule du Tome V

## Das Messen von Temperaturen auf dem Mond und den Planeten

Von Dr. W. M. SINTON, Lowell Observatory, Flagstaff, Arizona, U.S.A.

(Leaflet Nr. 345, «Astronomical Society of the Pacific».  
Autorisierte Uebersetzung von Hans Rohr, Schaffhausen)

Wenn man einen unbrennbaren Gegenstand genügend aufheizt, wird er rotglühend und, wenn das Aufheizen weiter geht, orange-, gelb- und zuletzt weissglühend. Vor dem Erreichen des rotglühenden Zustandes strahlt das Objekt ebenfalls Licht aus, sog. Infra- oder Ultrarot, das unsere Augen aber nicht sehen können. Dennoch können wir die Strahlung fühlen, z. B. von einem heissen Glätteisen, und wissen so, dass es warm ist, ohne es zu berühren. Gegenstände von niedererer Temperatur als ein heisses Glätteisen senden ebenfalls infrarote oder Wärmestrahlen aus, aber wir benötigen zu deren Feststellung empfindlichere Instrumente als unsere Hände. Körper von Raumtemperatur oder die Planeten geben ebenfalls Wärme ab, die mit empfindlichen Empfängern, mit sog. Thermoelementen, gemessen werden kann.

Wird die Strahlung exakt gemessen, die ein Quadratcentimeter eines Körpers aussendet, so kann aus der Messung dessen Temperatur bestimmt werden. Die absolute Temperatur (= Celsius-Temperatur + 273°) ist gleich der vierten Wurzel der Strahlungsenergie multipliziert mit dem geeigneten Faktor (Stefan-Boltzmannsches Gesetz). Sollen wir überhaupt die Wärmestrahlung messen können, die ein Planet abgibt, so muss unsere Atmosphäre für lange, infrarote Wellen durchlässig sein. Glücklicherweise ist dies der Fall für Wellen zwischen 8 und 13 Mikron, Wellen, die etwa zwanzigmal länger sind als die des sichtbaren Lichts. Beidseitig dieses schmalen Wellengebietes ist die Atmosphäre fast undurchlässig, da Wasserdampf und Kohlendioxyd in der irdischen Luft die Strahlung verschlucken. Der Umstand, dass das «atmosphärische Fenster» auf den 8–13 Mikron-Ausschnitt beschränkt ist, zwingt uns zu gewissen Voraussetzungen bei der Ermittlung von Planetentemperaturen, was aber keine Schwierigkeiten macht.

Im Jahre 1868 begann Lord Rosse mit seinem Spiegelteleskop von 1 m Durchmesser die Temperatur des Mondes zu messen. Die Technik der Strahlungsmessung war zu jener Zeit noch wenig entwickelt. Aber seine Resultate waren nichtsdestoweniger überraschend: wenn man seine Messungen richtig auswertet — mit den heutigen Methoden —, so kommt man auf eine Durchschnitts-Temperatur von  $+70$  Grad Celsius für die gesamte Fläche des Vollmondes — durchaus im Einklang mit modernen Messungen. Beim damaligen, spärlichen Stand der Kenntnisse aller Strahlungsgesetze hatte Lord Rosse auf eine Temperatur von  $+260^{\circ}$  C geschlossen.

S. P. Langley von der Smithsonian Institution gelang es 1888, nicht nur die Temperatur des Mondes zu messen, sondern auch sein Spektrum im langwelligen Infrarot zu erhalten. Er benützte dazu ein Prisma aus Steinsalz, das für diese Strahlung durchsichtig ist. Das veröffentlichte Spektrum zeigt sogar auf Wellenlänge 9.6 Mikron das Band des Ozons in unserer Atmosphäre. A. H. Pfund von der John Hopkins Universität bewies 1913 an der Allegheny-Sternwarte, dass bei der Anwendung besonderer Thermoelemente auf helle Sterne und Planeten grosse und regelmässig wiederholbare Zeiger-Ausschläge erhalten werden können.

Die Methoden der Strahlungsmessung an Sternen und Planeten kamen aber erst richtig zum Blühen, als um 1920 W. W. Coblentz und C. O. Lampland an der Lowell-Sternwarte (Flagstaff) und E. Pettit und S. B. Nicholson an der Mount Wilson-Sternwarte sich der Probleme annahmen. Beide Gruppen benützten sozusagen die nämliche Technik.

Im Brennpunkt des Fernrohrs waren zwei sehr kleine Empfänger von kaum 1 Millimeter Durchmesser eingebaut. Das winzige Bild des zu untersuchenden Planeten fiel auf einen der beiden Empfänger mit ihren mikroskopisch feinen Lötstellen dünnster Wismuth- und Wismuth-Zinn-Drähte. Diese waren in der Weise mit einem hochempfindlichen Galvanometer verbunden, dass die Wärme-Einstrahlung des Himmelshintergrundes kompensiert wurde. Wird eine solche Lötstelle von der Wärmestrahlung z. B. eines Planeten getroffen, entsteht ein äusserst schwacher, aber messbarer elektrischer Strom, proportional zur Menge der auftreffenden Wärme.

Um die vom Planeten reflektierte Sonnenstrahlung von der eigentlichen Wärmestrahlung des Planeten zu trennen, wurden Filter verwendet. Ein Wasserzellen-Filter — undurchlässig jenseits 1.4 Mikron Wellenlänge —, oder ein Stück dünnes Glas, undurchlässig jenseits von 8 Mikron, verschluckten die Wärmeausstrahlung des Planeten und liessen einzig das reflektierte Sonnenlicht durch. Indem nun die Forscher den bloss vom reflektierten Sonnenlicht verursachten Zeiger-Ausschlag abzogen vom Ausschlag ohne Filter, erhielten sie als Unterschied die gesuchte Wirkung der Wärmestrahlung allein. Mit dieser indirekten Methode wurden Temperatur-

messungen an Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn und am Mond durchgeführt.

In letzter Zeit verwendeten John Strong und der Verfasser neue Methoden der Infrarot-Strahlungsmessung an den Planeten. Wir besitzen heute Infrarot-Filter, welche den 8—13 Mikron-Ausschnitt durchgehen lassen, dagegen die kurzwellige, reflektierte Sonnenstrahlung abschneiden. Auf diese Weise kann die Methode der «Abzüge» umgangen werden. Das ist besonders wertvoll bei den wärmeschwachen Planeten Jupiter und Saturn. Ihre Wärmestrahlung ist sehr viel geringer als das reflektierte Sonnenlicht. Die Möglichkeit, diese geringe Energie allein zu messen, ohne die Gesamtstrahlung bestimmen zu müssen, ergibt viel genauere Resultate.

Eine weitere Verbesserung der Methoden liegt in der Technik des «Unterbrechens» (chopping). Die vom Planeten kommende Strahlung wird von einer rotierenden Blende unterbrochen, bevor sie auf das Thermoelement auftrifft. Das unterbrochene Licht verursacht einen pulsierenden Strom und kennzeichnet damit die planetarische Strahlung. Den Strömen, die durch Temperatur-Einflüsse der Umgebung der empfindlichen Apparatur entstehen, fehlt diese Kennzeichnung. Durch Verstärkung bloss des betroffenen, pulsierenden Anteils gelingt es, Irrtümer auszuschalten, die durch unerwünschte Einflüsse entstehen.

Trotz den gewaltigen Distanzen, die den Beobachter von Mond und Planeten trennen, kann durch das Studium der dortigen Temperaturschwankungen vieles in Erfahrung gebracht werden. Etwas vom Interessantesten ist das Fallen und Wiederansteigen der Temperatur des Mondbodens, wenn das Sonnenlicht bei einer Mondfinsternis durch die Erde vorübergehend abgeschnitten wird. Pettit mass 1939, mit einem Thermoelement im Brennpunkt des 50 cm-Reflektors, die Temperatur eines Punktes ungefähr in der Mitte der Mondscheibe. Die Mondoberfläche wies an dieser Stelle eine Temperatur von etwas mehr als  $100^{\circ}$  C auf. Als beim Beginn der Finsternis die Sonnenstrahlung abgeschnitten wurde, sank die Temperatur des Mondbodens innerhalb einer Stunde auf  $-75^{\circ}$  C, dann langsam noch weiter und erreichte an diesem gleichen Punkte am Ende der Finsternis einen tiefsten Stand von  $-100^{\circ}$  C. Beim Wiedereinsetzen der Sonnenstrahlung stieg die Temperatur schnell wieder auf die Höhe vor der Verdunkelung. Diese Temperaturänderungen auf dem Monde wurden auch theoretisch untersucht, und es konnte gezeigt werden, dass das beobachtete Verhalten dem Abkühlen und Aufheizen einer sehr dünnen Staubschicht entspricht. Unterschiede in der Geschwindigkeit des Abkühlens und Heisswerdens können der Wärmeleitung unter der Mondoberfläche zugeschrieben werden.

## Berechnete und beobachtete Temperaturen der Planeten

<i>Planet</i>	<i>Region</i>	<i>Berechnete Temperatur in ° C</i>	<i>Beobachtete Temperatur in ° C</i>	<i>Beobachter</i>
Merkur	Orte mit senkrechter Sonnenstrahlung	+ 352	+ 337	Pettit-Nicholson
Venus	Mitte der halbbeleuch- teten Scheibe	— 30	— 39	Strong-Sinton
Mond	Mitte des Vollmondes	+ 114	+ 118	} Pettit-Nicholson
	Mitte des Neumondes	— 170	— 153	
Mars	Heisseste Stelle nachmittags	+ 30	+ 30	} Strong-Sinton
	Aequator bei Sonnenaufgang	— 108	— 70	
Jupiter	} Orte mit senkrechter Sonnenstrahlung	— 164	— 143	} Coblentz-Lampland
Saturn		— 193	— 145	
Uranus		— 221	— 170	
Neptun		— 231	—	
Pluto		— 213	—	

Pettit und Nicholson fanden 1924, dass uns von der dunkeln Seite der Venus praktisch gleichviel Wärmestrahlung wie von der beleuchteten erreicht. Abtasten quer über die Scheibe des Planeten ergab, dass die Abstrahlung der verdunkelten Seite ein Fünftel der Gesamt-Abstrahlung eines gleich grossen Gebietes auf der beleuchteten Seite betrug. Wenn aber der Einfluss des reflektierten Sonnenlichtes abgezogen wurde, erhielten sie quer über die Planetenscheibe hin eine flache Messkurve aus der Wärmestrahlung allein. Man weiss, dass diese Wärmestrahlung nicht von der Oberfläche der Venusatmosphäre stammt, sondern aus tieferen Schichten. Die beobachtete Schicht kühlt sich über Nacht offensichtlich nicht ab. Beobachtungen von Strong und dem Verfasser zeigen aber, dass die dunkle Seite wahrscheinlich doch einige Grade kälter ist als die erleuchtete. Zu gleicher Zeit wurde gefunden, dass die Venus im Gebiete der Wärmestrahlung eine «Randverdunkelung» zeigt wie die Sonne im sichtbaren Licht. Die exakte Deutung dieses Phänomens wird mancherlei Aussagen über die Wärmestruktur der Venusatmosphäre ermöglichen. Diese «Randverdunkelung» beweist sofort, dass wir Wärme aus einer Region des Luftmantels der Venus messen, in der die Temperatur sinkt, je höher wir steigen. Eine Erhö-

hung der Temperatur mit wachsender Höhe über der Planetenoberfläche würde sich als «Rand-Erhellung» zeigen, eine gleichmässige Temperatur innerhalb der gesamten Atmosphäre in einer gleichmässigen Strahlung über die ganze Scheibe.

Mars bietet grosse Möglichkeiten für Studien in Strahlungsmessungen. Der tägliche und der jahreszeitliche Temperaturverlauf wurden erfasst und ergaben umfangreiche Aufschlüsse über die Meteorologie des Planeten. Frank Gifford, der die Messungen Lamplands benützte, konnte zeigen, dass der Gang der Oberflächentemperaturen ungefähr drei Wochen hinter dem Jahreszeitwechsel nachhinkt. Eine solche Verspätung muss das Resultat einer gewissen Wärmespeicherung durch die Mars-Atmosphäre sein. Auf unserer Erde beobachteten wir eine Verspätung von ungefähr zwei Monaten als Ergebnis der Wärmespeicherung in unserem Luftmantel. Andererseits haben Strong und der Verfasser gefunden, dass der tägliche Temperaturwechsel auf Mars nur eine halbe Stunde Verzögerung aufweist. Diese Verzögerung entsteht zur Hauptsache durch das Eindringen von Wärme in den Boden. Der Einfluss der Atmosphäre dagegen verringert die Temperaturschwankungen. Der «Treibhaus-Effekt» von Wasserdampf und Kohlendioxyd in der Atmosphäre hält die Oberfläche wärmer, als es ohne Anwesenheit dieser Gase der Fall wäre. In der Tat würde sonst die Nachttemperatur bedeutend unter die von uns ermittelte Temperatur von  $-70^{\circ}$  C fallen. Ausserdem konnte noch gefolgert werden, dass die beobachtete halbstündige Verzögerung im täglichen Temperaturverlauf mit einer staubbeladenen Planetenoberfläche vereinbar ist.

Noch viel Forschungsarbeit bleibt auf diesem Gebiet zu tun, besonders an den entfernteren Planeten Jupiter, Saturn und vielleicht Uranus. Obgleich die Temperaturen von Jupiter und Saturn ermittelt werden konnten, fehlen doch noch Detail-Studien an diesen Planeten. Wie bei Venus wird die Beobachtung der Randverdunkelung Einsicht verschaffen in den Aufbau ihrer Atmosphären. Dagegen wird es die heutige Technik noch kaum erlauben, Neptun und Pluto in die Untersuchungen einzubeziehen. Sie sind hiefür zu weit entfernt und wahrscheinlich zu kalt.