

**Kgl. Bayer. Akademie
der Wissenschaften**

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München

Jahrgang 1913

München 1913

**Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)**

Die Glazialhypothese und der Mond.

Von Siegmund Günther.

Vorgelegt in der Sitzung am 8. November 1913.

Daß von dem Zeitpunkte an, als sich eine gigantische Übereisung der Erdoberfläche als unbestreitbare Tatsache herausstellte, ähnliche Zustände auch für andere Weltkörper angenommen wurden, kann nicht auffallen. Für den Mars ergab sich eine gewisse Glazialhypothese ganz von selbst, da man in den ihre Größe nach Maßgabe der Jahreszeiten verändernden, weiß schimmernden Nachbargebieten der beiden Pole unmittelbar ein Analogon zum gefrorenen Wasser unserer Erde erkennen zu dürfen glaubte. Minder nahe schien in Bezug auf den Erdmond der gleiche Gedanke zu liegen, und in der Tat schreiben Diejenigen, welche auch in diesem Falle an eine ausgedehnte Vergletscherung glauben, dieser Auffassung kein höheres Alter zu. So hat sich denn auch eine Darstellung, welche verpflichtet war, auf die gleiche Frage einzugehen, kürzer gefaßt¹⁾, als es vielleicht mit Rücksicht auf deren Tragweite richtig war. Bei näherem Zusehen stellte sich heraus, daß doch schon verhältnismäßig früh sich Andeutungen und Vermutungen in solchem Sinne nachweisen lassen, und daß es somit als zweckmäßig erscheinen kann, die lunare Glazialhypothese in ihren einzelnen Phasen soweit als möglich zu verfolgen.

¹⁾ Günther, Vergleichende Mond- und Erdkunde (Die Wissenschaft, 37. Heft), Braunschweig 1911, S. 131.

Die erste deutliche Spur dürfte bei dem bekannten Münchener Astronomen F. Gruithuisen aufzuzeigen sein. Der durchaus selbständige, seiner Exzentrizitäten halber recht oft unzutreffend gewürdigte Mann¹⁾ äußert sich über die Möglichkeit, daß Schnee und Eis auf dem Monde zu finden sein möchten. Die lunare Klimatologie sei weit einfacher als die terrestrische, weil die Schiefe der Ekliptik einen so unbedeutenden Wert habe, und so könne von Jahreszeiten in unserem Sinne gar nicht gesprochen werden²⁾. „Die selenographischen Klimate sind mit den physischen so verwebt, daß sie sich für den Beobachter nur gegen die Pole hin so bemerklich abändern, daß hier etwa vom 70. Grade der Breite an alle dunkle Farbe in den Ringflächen der Rundgebirge aufhört, und jede der Polar-gegenden eine besonders weiße helle Farbe annimmt, so daß man versucht würde, hier an Schneebedeckung zu denken.“

¹⁾ Daß er der erste war, der gewisse Oberflächenerscheinungen der sogenannten Moränenlandschaft mit den Gletschern der Alpen in ursächlichen Zusammenhang brachte, wurde bei einer früheren Gelegenheit hervorgehoben (Günther, Glazial- und Drifthypothese auf bayerischem Boden entstanden, 9. Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft zu München (1894), S. 49 ff.; vgl. Gruithuisen, Geognostische Beobachtungen und Ansichten über die sonderbare Lagerung, Beschaffenheit und Herkunft der Urfelstrümmen in der Gegend und an den Ufern des Würmsees in Oberbayern, Neue Oberdeutsche Allgemeine Literaturzeitung, 1809, S. 1009 ff.). Des ferneren hat seine „Konglomerattheorie“, deren Originalität dadurch keine Schmälerung erleidet, daß Kants Kosmogonie auf den nämlichen Grundgedanken zurückgeht, später manche Wiederauferstehung gefeiert, ohne daß man des Urhebers zu gedenken für notwendig befunden hätte. Dieselbe (Gruithuisen, Lieblingsobjekte im Felde der Naturforschung, München 1817, S. 69 ff.; Analekten für Erd- und Himmelskunde, 3. Band (1829), S. 5 ff.), die in sehr merkwürdiger Weise auch für die Erklärung der Erderschütterungen nutzbar zu machen versucht wird, antizipiert mit den Mitteln, die eben in der Zeit ihrer Entstehung verfügbar waren, völlig die mit großem Applomb auftretende Theorie von Lockyer (The Meteoritic Hypothesis, London 1890).

²⁾ Gruithuisen, Naturgeschichte des gestirnten Himmels; eine neue faßliche Darstellung der neuesten Lehren der Astronomie, nebst tabellarischer Astronomie als Anhang, München 1836, S. 173 ff.

In diesen Polarkalotten möge wohl eine Temperatur herrschen, nicht allzu verschieden von derjenigen des Weltraumes. Allein bereits zuvor hatte sich Gruithuisen selbst einen Einwurf gemacht, durch den sein Hinweis auf den Schnee des Mondes größtenteils entkräftet wird. Indem er nämlich auf die lange Dauer des Mondtages, d. h. des Zeitraumes direkter Insolation, aufmerksam macht, zeigt er — hierauf wird weiter unten nochmals die Sprache kommen — die gewaltigen Temperaturoegensätze auf, welche für den Mond charakteristisch sein müssen. „Weil ganze vierzehn Tage, und darüber, die Sonne über dem Horizont steht und einen nie bewölkten Boden bescheint, so mag die Mittagshitze des Mondes doch so groß werden, wie wir sie im südlichen Europa noch nicht erlebt haben¹⁾.“ Dann freilich trete wieder eine Kälte ein, die ausreiche, um unter 45° selenographischer Breite das Quecksilber zum Erstarren zu bringen. Wie dem auch sei, an eine dauernde Bedeckung der uns zugekehrten Mondhälfte mit fest gewordenem Wasser scheint Gruithuisen nicht gedacht zu haben.

Für diese Vorstellung ist, wie es den Anschein hat, zuerst ein Gelehrter eingetreten, der mit dem vorgenannten insofern einige Ähnlichkeit bekundet, als er sich gerne auf Seitenpfaden bewegt, die zwar, soweit die Naturwissenschaften in Betracht kommen, nicht zu tieferen sachlichen Erkenntnissen führen, wohl aber in nicht geringer Anzahl beachtenswerte Seitenblicke eröffnen. Der Philosoph A. Schopenhauer ist es, der mit aller Bestimmtheit das ausspricht, was er, nicht gerade übereinstimmend mit der zumeist in seinen Äußerungen hervortretenden apodiktischen Sicherheit, „eine gewagte Konjektur“ nennt²⁾. Durch den Mangel jeder Atmosphäre werde auf dem

¹⁾ A. a. O., S. 165 ff.

²⁾ A. Schopenhauer, *Parerga und Paralipomena*; kleine philosophische Schriften, herausgegeben von J. Frauenstädt, 2. Band, 2. Auflage, Berlin 1862, S. 140. Das Werk wurde von seinem Verfasser zuerst 1851 veröffentlicht. Als unterstützend zitiert letzterer in einer Note, die allem Vermuten nach noch von ihm selbst für eine spätere Auflage bestimmt war, einen Satz A. Secchis, der (*Atlas lunaire photographique*,

Monde eine „fast absolute Kälte“ herbeigeführt, und da unser Trabant von der Sonne nur etwa das gleiche Maß Wärme, wie die Erde, zugesandt erhalte, so könne diese Bestrahlung keinen besonders großen Einfluß ausüben. Denn ohne Lufthülle gäbe es überhaupt keine Erwärmung! Hier gibt sich, während im allgemeinen folgerichtig geschlossen wird, der Sonderlingstandpunkt des geistvollen Autors zu erkennen, der ihn veranlaßt, sich ab und zu eine ganz eigenartige Physik zu konstruieren. Wenn die „absolut leichte“, d. h. imponderable Wärme nicht durch den Druck der auf der bestrahlten Fläche lastenden Atmosphäre zusammengehalten („kohibiert“) werde, so „verfliege“ sie sofort und könne keine Wirkung ausüben. Es ist ersichtlich, daß Schopenhauer hier das, was man damals bereits von der Diathermansie der Luft wußte, falsch aufgefaßt hat; es wird ausdrücklich bemerkt, diese sei „der schlechteste Wärmeleiter“. Als Beleg für seine Meinung führt er den ewigen Schnee der Berge an; dort sei die Atmosphäre so verdünnt, daß sie den erwähnten Druck nicht mehr auszuüben

Compt. Rend. de l'Acad. Franc., 47. Band, 1858, S. 362 ff.) folgendermaßen laute: „Très remarquable dans la pleine lune est le fond noir des parties lisses, et le grand éclat des parties raboteuses: doit-on croire celles-ci couvertes de glace ou de la neige?“ Da der römische Astronom unseres Wissens in der Folgezeit nicht mehr auf diesen Punkt zurückgekommen ist, so ist die Annahme gestattet, daß er lediglich von einem Bilde Gebrauch machen, nicht aber die Oberflächenbeschaffenheit des Mondes näher bestimmen wollte. Mußte es ihm doch an sich klar sein, daß die bloße Kontrastwirkung zwischen einer glatten, also spiegelnden Fläche und einer rauen, höckerigen und deshalb diffus reflektierenden Flächenpartie das bewirken mußte, was er als scharf markierten Gegensatz kennzeichnet. — Angesichts der immer wieder bemerkbaren Abhängigkeit der Denkweise Schopenhauers von der altindischen Begriffswelt kann es kaum als ausgeschlossen gelten, daß einigen Einfluß auf ihn auch ausübte, was er in der Sanskritliteratur vorfand, wenngleich er dieser im vorliegenden Falle keine Erwähnung tut. „Bei den Indern heißt im Sanskrit der Mond als König der Sterne der kalte, auch der kaltstrahlende, während die Sonne mit ihren Strahlenhänden ein Schöpfer der Wärme heißt“ (A. v. Humboldt, Kosmos, 3. Band, Stuttgart-Augsburg 1858, S. 539).

und somit auch ein rasches Entweichen der Wärme nicht zu verhindern imstande sei. Ein Bedenken freilich kann er selber nicht verhehlen, das nämlich, daß die beim Mangel jeder entgegenwirkenden Luftschicht ungemein energisch einsetzende Verdunstung die Eisbildung von Anfang an hintanhaltend müsse. Eine gewisse Auflösung der obersten Eislage werde freilich eintreten, erwidert er, aber die geringe so entstandene Dampfmenge unterliege unverzüglich wieder der Kältewirkung, und so helfe die schwache Verdunstung nur mit zur Verdickung des Eisbelages¹⁾. „Dieser Hypothese zufolge hätten wir alles Wasser auf dem Monde als in Eis verwandelt und namentlich den ganzen, so rätselhaften, graueren Teil seiner Oberfläche, den man allzeit als maria kennzeichnet, als gefrorenes Wasser anzusehen, wo alsdann seine vielen Unebenheiten keine Schwierigkeiten mehr machen und die so auffallenden, tiefen und meist geraden Rillen, die ihn durchschneiden, als klaffende Spalten im geborstenen Eise zu erklären wären, welcher Auslegung ihre Gestalt sehr günstig ist²⁾.“ Man möchte nur fragen, weshalb das lunare Eis überhaupt zum Bersten gelangen soll, da doch weder Wärmeschwankungen noch molare Bewegungen auf der ewigem Tode verfallenen Mondoberfläche als möglich anerkannt werden. Da klafft denn doch wohl neben den Mondrillen auch eine sehr fühlbare Diskrepanz im Aufbau der Gedanken³⁾. Und daß Schopenhauers Beispiel irgendwie an-

¹⁾ Stützen glaubt sich Schopenhauer zu können auf den bekannten Leslieschen Versuch, dessen springender Punkt das Gefrieren von Wasser im luftleeren Raume ist (vgl. F. Rosenberger, Die Geschichte der Physik in Grundzügen, 3. Teil, Braunschweig 1887–1890, S. 66 ff.).

²⁾ Schopenhauer, a. a. O., S. 142 ff.

³⁾ Nach anderen Seiten hinwiederum tritt der scharfe Denker wieder sehr deutlich in die Erscheinung. So dann, wenn er (a. a. O.) sich gegen die weithin gehegte Überzeugung ausspricht, es könne der Mond, weil er anders wie die Erde beschaffen ist, nicht doch zugleich der Aufenthaltsort von Lebewesen sein. Dieser Schluß erscheint ihm „kleinstädtisch“, philiströs, und in seiner Zurückweisung berührt er sich mit keinem Geringeren als mit Gauß, der ja auch die Frage nach der Bewohnbarkeit unseres Satelliten streift und dem Gedanken Raum gibt, die

regend auf die, welche nach ihm kamen, gewirkt habe, muß anscheinend in Abrede gestellt werden; man findet seinen Namen nirgendwo in den einem gleichen Ziele zugewandten Publikationen genannt.

Unter einem etwas anderen Gesichtspunkte ist an das lunare Übereisungsproblem herangetreten der bekannte schwedisch-amerikanische Ingenieur Ericsson, der indessen auch von den gewaltigen Wärmedifferenzen an der Außenseite unseres Begleiters ausging. Er stellte zur Messung derselben ein eigenes Instrument her, dem er, in Anlehnung an den bekannten Pouillet'schen Apparat, die Bezeichnung *Pyrheliometer* beilegte, und suchte mit dessen Hilfe zu verlässigen Zahlenwerten zu gelangen, was allerdings noch nicht in der Weise, wie es nachmals möglich wurde, zu erreichen war. An dem speziellen Beispiele des großen Ringberges Tycho versuchte er darzutun, daß die von der Mehrzahl der Mondforscher vulkanisch gedeuteten Erhebungen in Wirklichkeit Glazialgebilde seien. „A rigid application,“ so schließt er¹⁾, „of physical and mechanical principles to the solution of the problem proves conclusively that water subjected to the action of heat and cold has produced the circular walls of Tycho.“

In Einzelheiten abweichend, in der Hauptsache überein-

Natur habe mehr Mittel zur Verfügung, als der arme Mensch ahnen könne (Briefe zwischen A. v. Humboldt und Gauß, herausgeg. v. Bruhns, Leipzig 1877, S. 73). Und einen freien Blick bekundet Schopenhauer in seiner (a. a. O.) aufgestellten These, „daß höchst wahrscheinlich die chemischen Elemente, nicht nur auf dem Monde, sondern auch auf allen Planeten dieselben, wie auf der Erde sind, weil das ganze System aus demselben Ur-Licht-Nebel, in den die jetzige Sonne ausgebreitet war, sich abgesetzt hat“. Derjenige, der diese Worte niederschrieb, durfte noch kurz vor seinem Ende (1860) die große Entdeckung der Spektroskopie durch Bunsen und Kirchhoff erleben, durch welche der von ihm divinatorisch hingeworfene Gedanke die glänzende, alle Zweifel ausschließende Bestätigung erfahren und der Laplaceschen Evolutions-hypothese eine unerwartete Stütze verleihen sollte.

¹⁾ J. Ericsson, *The Lunar Surface and its Temperature*, Nature, 34. Band (1876), S. 248 ff.

stimmend ist eine Abhandlung von Andries¹⁾ gehalten, die für die Eisnatur der Mondoberfläche eine Lanze bricht. Die numerischen Daten, welche der Erörterung zu Grunde gelegt sind und aus ihr hervorgehen, können schon um deswillen für die Verhältnisse der Gegenwart keine höhere Bedeutung beanspruchen, weil sie die Viollesche Solarkonstante²⁾ verwenden, die unserem heutigen Wissensstande gemäß den Tatsachen nicht entspricht. Sehr bald, so heißt es, nach Anfang der Abkühlung mußte die wesentlich aus Wasserdämpfen zusammengesetzte Atmosphäre des kurz zuvor noch in feurig-flüssigem Zustande sich befindenden Mondes in Schnee übergegangen sein, der sich auf der Oberfläche niederschlug. In dem Maße, wie die Verfestigung der Mondkugel fortschritt, bedeckten sich die Kontinente mit einer starken Eisrinde, während sich über den großen Wasserflächen die Dampfschicht noch etwas länger erhielt. Allmählich gingen aber auch die Meere in den festen Aggregatzustand über, ohne daß jedoch unter dieser Eisrinde alle Ansammlungen flüssigen Wassers von dem gleichen Prozesse mitbetroffen waren. Diese Wassermassen sollen sich unter der Einwirkung des heißen Mondinneren in hochgespannte Dämpfe verwandelt haben, die sich einen Ausweg suchten und in formenreichen Öffnungen die Decke durchbrachen. Je nach den Umständen bildeten sich spaltenförmige Rillen, Krater aller Art, Strahlensysteme. Was man also gewöhnlich als vulkanische Bildungen betrachte, seien Löcher im Eise mit teilweise wulstförmiger Umrandung.

¹⁾ P. Andries, Die Beschaffenheit der Mondoberfläche, Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie (2), 15. Band (1887), S. 149 ff.

²⁾ Vgl. Violle, Die Messung der Intensität der Sonnenstrahlung, Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 13. Band, S. 379 ff. Den Stand unseres einschlägigen Wissens, wie er sich vor etwa dreißig Jahren gestaltet hatte, kennzeichnet am besten eine tiefgreifende Untersuchung von Langley (Research on Solar Heat and its Absorption by the Earth's Surface, Washington 1884). Die erwähnte Konstante sinkt in Wahrheit erheblich unter den lange für richtig gehaltenen Wert > 3 und < 4 herunter und ist wahrscheinlich von 2 nur wenig verschieden.

Die Hypothese ist übrigens weitherzig genug, um, gewissermaßen subsidiär, auch „schlamm- und lavaartige Ausbrüche“ auf dem Monde zuzugestehen, doch müssen diese, ebenso wie die — doch wesentlich tektonische — Entstehung der Gebirge in eine verhältnismäßig sehr frühe Epoche der Mondgeschichte verlegt werden. Auf schwache vulkanische Zuckungen werden jene Veränderungen im Antlitze des Mondes zurückgeführt, deren Existenz Andries nicht gänzlich leugnen möchte¹⁾. Eine so detaillierte Übersicht über die bei der Vergletscherung unseres Begleiters vermeintlich zu konstatierenden Vorgänge hatte keiner der Vorgänger gegeben.

So ist es denn nicht zu verwundern, daß ein so entschiedener Anhänger der Glazialhypothese, wie der bekannte Mondbeobachter Fauth, sich auf Ericsson und Andries bezieht; völlig identifiziert er sich nicht mit ihren Anschauungen, da er insonderheit tropfbar-flüssiges Wasser noch jetzt dem Monde zuschreiben möchte²⁾. Ihm zufolge ist an dem Vorhandensein von Eis im Sonnensysteme — d. h. auch außerhalb der Weltkörper selbst — nicht zu zweifeln. Sodann fällt für ihn die Färbung gewisser Mondlandschaften sehr stark ins Gewicht. Dieselben sind zum Teil von hellstem Glanze, zum Teil erwecken sie den Eindruck einer von Reif überzogenen Fläche. Um andere Farben zu erklären, macht Fauth auch bei der bekannten Meteoritenhypothese³⁾ eine Anleihe; der kosmische Vagant, welcher Einbrüche und Überflutungen veranlaßt hat, sei als Urheber der dunkleren Farbentöne anzusprechen, welche zumal im Bereiche der „Meere“ die Regel bilden. Auf diese Gedankengänge, die man im Ori-

¹⁾ Wegen solcher Durchbrechungen des starren Charakters der „Weltleiche“ (Ausdruck von Andries) s. die oben zitierte Schrift (Vglch. Mond- u. Erdkunde, S. 164 ff.).

²⁾ Ph. Fauth, Was wir vom Monde wissen, Entwicklung und heutiger Stand der Mondforschung, Berlin-Leipzig 1906, S. 124 ff.

³⁾ Die Unzulässigkeit dieser auch in jüngster Zeit noch mit großer Lebhaftigkeit verfochtenen Doktrin ist ebenfalls am obgenannten Orte nachzuweisen versucht worden (Vglch. Mond- u. Erdkunde, S. 173 ff.).

ginale¹⁾ kennen lernen muß und kaum einer Paraphrase unterziehen kann, weil sie zu sehr auf ganz fremdartige Gebiete leiten, wird dann auch die Entstehung der Strahlensysteme zurückgeführt, denen gegenüber man zur Zeit noch weit besser tut, mit Erklärungsversuchen sehr vorsichtig zu sein²⁾. Es wird dann von Fauth noch die Beibringung anderer Gründe für seine Glazialhypothese angestrebt, allein man kann doch leicht feststellen, daß das Studium der Färbungsunterschiede, mit denen er ja als anerkannt zuverlässiger Mondbeobachter sich besonders zu beschäftigen Gelegenheit hatte, für ihn die Hauptveranlassung zur Konzeption seiner theoretischen Anschauungen gebildet haben muß.

Und da ist es nun von Interesse, zuzusehen, wie andere Astronomen, die ebenfalls aus dem Studium der Mondgebilde ein eigenes Studium gemacht haben, sich dieser Interpretation der sehr hellen und sehr dunklen Flächenteile gegenüber verhalten haben. Günstiger scheint dieselbe zu beurteilen Pickering³⁾, wenngleich er eine absolute Bejahung nicht recht wagt,

¹⁾ Eine auffällige Diskrepanz tritt uns entgegen bei der über die dunklen Stellen verlautbarten Ansichten. Denn, während diese oft ganz in die glänzenden Partien eingebetteten Flecke einerseits, wie erwähnt, mit extralunarer Invasion in Verbindung gebracht werden, wird ihnen andererseits vollständiger Eischarakter zuerkannt. „Nicht minder einleuchtend“ sollen sie sich als aus purem, kristallinischem Eise erklären lassen. Dann heißt es (a. a. O., S. 126) weiter: „Wohl muß die Mondschale ein Eismantel sein; aber unter derselben liegt vielleicht heute noch ein Ozean, dessen Wogen einst gelegentlich durchbrachen oder durchgepreßt worden sind. . . .“ Ähnlich dachte man sich noch im XVIII. Jahrhundert vielfach die großen Gebirgsgletscher als eine gewaltige Ansammlung von tropfbar flüssigem Wasser verhüllend, wohl gar auf ihr schwimmend. Aus der bekannten mittleren Dichte des Mondes und aus der weiteren Voraussetzung, daß der starre Kern des Nebenplaneten die Dichte 4,5 habe, wird dann auch noch die Tiefe des erwähnten „Ozeans“ zu berechnen gesucht; sie soll 185 km betragen.

²⁾ Günther, a. a. O., S. 116, S. 161.

³⁾ W. H. Pickering, *The Moon, a Summary of the existing Knowledge of our Satellite, with a Complete Photographic Atlas*, New York 1903, S. 45 ff. „Very many of the craterlets upon the Moon are lined with a white substance which becomes very brilliant when illu-

sondern die Frage: „Ist das auffallend weiße Material gewisser Landschaften reeller Schnee?“ noch ziemlich unentschieden läßt. Daß er letzteres für wahrscheinlich erachtet, ist wohl sicher. Zumal bei Abulfeda und Censorinus sind ihm solche Wahrnehmungen gelungen, freilich nicht sowohl auf der minder klare Bilder ergebenden photographischen Platte, als vielmehr bei direkter Betrachtung durch ein stark vergrößerndes Fernrohr. Ganz anders urteilt darüber Puiseux, der diesem Gegenstande neuerdings zwei Aufsätze¹⁾ gewidmet hat. Er hebt zunächst als eine ebenso sehr bemerkenswerte, wie zu wenig berücksichtigte Tatsache die hervor, daß der Mond ausgeprägter, ihre charakteristische Eigenschaft zur Schau tragender Polaralotten, wie sie uns von der Erde und vom Mars geläufig sind, durchaus entbehrt. Sucht man die Gegenden heraus, die sich durch einen namhaften Glanz auszeichnen, so kann man keinen Unterschied hinsichtlich der selenographischen Breite konstatieren; Äquator und Polargebiete halten sich gegenseitig ganz die Wage. Im allgemeinen sind auch die gebirgigen Partien den mehr ebenen an Strahlungsintensität überlegen, ohne daß man doch ein Recht hätte, sie als von Schnee und Eis bedeckt anzunehmen. Aber auch eben in der sogenannten Albedo müßte sich die Natur des das Licht zurückwerfenden Stoffes offenbaren, und davon, daß die lunare Reflexionsfähigkeit mit der des Eises übereinstimme, könne gar keine Rede sein²⁾.

minated by the Sun. . . .“ Diese „Kraterchen“ sind Ringgebilde von sehr geringem Durchmesser, ausgestreut durch alle Formationen.

1) Puiseux, *Interprétation physique et historique de quelques traits de la surface de la Lune*, d'après les feuilles de l'onzième fascicule de l'Atlas photographique publié par l'Observatoire de Paris, *Compt. Rend. de l'Acad. Franç.*, 148. Band (1909, 1), S. 1744 ff.; *De l'origine des contrastes de teintes et des dénivellations brusques qui se rencontrent sur la Lune*, ebenda, 149. Band (1911, 2), S. 195 ff.

2) In ähnlicher Weise hat auch schon C. Schoy (*Atmosphäre und Rotation des Planeten Venus*, Gaea, 1909, 4. Heft) aus der Albedo dieses Planeten einen Gegengrund gegen die Übertragung der Glazialhypothese auf die Venus hergeleitet. S. auch Küster, *Wasser und Luft auf dem Monde*, *Deutsche Revue*, 1903, S. 244 ff.

Auch sei zu beachten, daß helle und dunkle Stellen sich da und dort unmittelbar berühren, was doch nicht der Fall sein könne, wenn erstere aus Eis bestehen würden. Entschieden wendet sich dann, was die Dunkelstellen anlangt, der zweite der genannten Aufsätze dagegen, daß man hier an eine Überlagerung mit kosmischen, d. h. meteoritischem Staube sollte denken können. Sehr treffend ist ferner Puiseux' Bemerkung, daß doch die weiß schimmernden Flächenstücke, wenn sie wirklich aus gefrorenem Wasser bestünden, unter dem Einflusse der machtvollen Temperaturveränderungen — wovon später — Gestaltänderungen erleiden müßten. Im großen und ganzen wird tektonischen Gleichgewichtsstörungen, die der Mond ganz ebenso wie die Erde, und aus den gleichen Ursachen durchzumachen hatte¹⁾, eine bedeutsame Rolle bei der Herausbildung der lunaren Formen von heute zugeschrieben. Schon vorher waren²⁾ von dem französischen Forscher die Farbenkontraste zu den Aschenmassen in Beziehung gesetzt worden, welche während der unzweifelhaft nachweisbaren vulkanischen Periode des Gestirnes³⁾ an vielen Orten sich anhäufen mußten.

Eine eingehende Untersuchung über die einzelnen Bemühungen um die Deutung der Mondprobleme besitzt man auch⁴⁾

1) Vgl. Günther, a. a. O., S. 150 ff.

2) Loewy-Puiseux, L'Atlas lunaire de l'Observatoire de Paris. Compt. Rend., 126. Band (1898), S. 1539 ff.; Bulletin Astronomique, 16. Band (1899), S. 290 ff. Es wird hier auch betont, daß das gänzliche Fehlen aller im Sinne glazialer Bedeckung auszulegenden Oberflächengebilde die einzige durchgreifende Analogie zwischen der arktischen und antarktischen Mondkalotte bilde, wogegen im übrigen das Gebirgsrelief beider beträchtliche Verschiedenheiten aufweise.

3) Die äußerst umsichtigen Studien von Tschermak über die Gesamtheit der Agentien und Vorgänge, welche er unter dem Namen des kosmischen Vulkanismus zusammenfaßt (Die Bildung der Meteoriten und der Vulkanismus, Sirius, 8. Band (1875), S. 202 ff.) lassen es als fast notwendig erscheinen, daß jeder Weltkörper in dem langen Zeitraume, der zwischen seiner Individualisierung und Verfestigung liegt, eine vulkanische Periode durchgemacht habe.

4) W. Prinz, Esquisses sélénologiques, Ciel et Terre, 14. Jahrgang, S. 363 ff.

von dem viel zu früh (1910) verstorbenen belgischen Astro- und Geophysiker Prinz, der zuerst auch die Glazialtheorie eines Angloinders Teal¹⁾ in die Diskussion hereingezogen hat. Ersterer ist für seine Person überzeugter Anhänger der Doktrin, daß tektonische und vulkanische Prozesse — diese großenteils durch jene ausgelöst — ineinandergegriffen haben müssen, um das Antlitz des Mondes zu dem zu machen, als was es in der Gegenwart erscheint²⁾. Die Notwendigkeit, irgendwie das fest gewordene Wasser zur Auflösung der noch immer die Beschaffenheit der Mondoberfläche umhüllenden Rätsel heranzuziehen, wird auch von diesem gewiegten Kenner der einschlägigen Verhältnisse bestritten.

Gewissermaßen als Potenzierung der Hypothesengebäude, welche man bezüglich der Glazialerscheinungen auf dem Monde, und wohl auch auf anderen Planeten, errichtet hat, mag jene „Glazialkosmogonie“ angesehen werden, die in jüngster Zeit von Hörbiger ausgegangen ist³⁾. Es gehört ihr zufolge das Eis zu den wesentlichsten Konstituenten der Weltkörper, wie denn die Mehrzahl der um die — selbst „mineralische“ — Sonne kreisenden Wandelsterne aus reinem Eise zusammengesetzt sein sollen. Auch die Sternschnuppen und Meteorite gehören in diese Kategorie⁴⁾, und ein ununterbrochener Eisregen prasselt auf die Sonne nieder. Hier ist nicht der Ort,

1) Teal, A Theorie of Lunar Surfacing by Glaciation, Calcutta 1890.

2) Insbesondere tritt Prinz dafür ein, daß jene Torsionstheorie, welche in neuerer Zeit eine Reihe von Freunden in ihrer Anwendung auf die Erde gefunden hat, auch einer allgemeineren Ausgestaltung fähig sei (*L'hypothèse de la déformation tétraédrique de la terre de W. Lothian Green et de ses successeurs*, Brüssel 1901). Diese Doktrin wird umfassend in ihrer geschichtlichen Entwicklung dargestellt.

3) Von derselben liegt folgende Publikation vor: Hörbigers Glazialkosmogonie, bearb. von Ph. Fauth, Kaiserslautern 1913. Unter dem gleichen Titel gab J. Riem einen erläuternden Auszug (*Petermanns Geogr. Mitteil.*, 59. Jahrgang (1913), S. 262 ff.).

4) Anscheinend wird indessen zwischen den in Schwärmen umlaufenden Sternschnuppen und den gelegentlich auf die Erde herabfallenden Meteoriten ein Unterschied gemacht. Denn die Beschaffenheit der letzteren kennt man doch wohl genau genug.

die eigenartigen Spekulationen dieses Autors näher zu verfolgen; hier sollte nur um deswillen Akt von ihnen genommen werden, weil dann allerdings, wenn man sich auf solchen Boden stellt, auch der Gedanke eines gefrorenen Mondes¹⁾ keine Schwierigkeiten mehr zu bereiten imstande ist.

Prüfen wir nun die ziemlich spärlichen Beweise, welche man für die lunare Glazialhypothese beizubringen versucht hat, so fällt auf, daß man es als so gut wie selbstverständlich hinstellt, Wasser müsse auf dem Monde vorhanden gewesen sein. Hiefür fehlt jeder sichere Anhalt. Denn die selenitische Morphologie, über die doch wahrlich von berufener Seite viel gearbeitet worden ist, bietet nirgendwo Gesichtspunkte, aus denen irgendwie auf Wirkungen der fluviatilen Erosion, der Korrasion, zu schließen wäre. Zumal seit auch die Rillen, die eine mit minder scharfen optischen Hilfsmitteln arbeitende Zeit begreiflicherweise als Trockentäler anzusprechen geneigt war, mit großer Wahrscheinlichkeit als tektonische Gebilde erkannt worden sind²⁾, muß von Kennzeichen für eine frühere Tätigkeit strömenden Wassers ein für allemal Abstand genommen werden. Allein selbst wenn man dafür hält, daß zeitweise tropfbares Wasser dem Monde nicht gefehlt habe, wird man jene Desikkationstheorie, welche im XVIII. Jahrhundert von De Maillet ausgedacht und später systematisch durchgebildet worden ist³⁾, auf unseren kleinen Trabanten weit eher als auf

1) Gefroren läßt die Mondkugel auch sein Servus (Neue Grundlagen der Meteorologie, Berlin 1895 und 1897). Nur bleibt unentschieden, ob deren Inneres reines Eis ist oder ob man sich dasselbe ähnlich vorstellen soll, wie jenen ewig gefrorenen Boden, der bekanntlich für einen großen Teil Nordasiens typisch ist.

2) Günther Vglch. Mond- u. Erdkunde, S. 162): „Mit Prinz (Esqu. sélénol, III, S. 50 ff.) fassen wir die Rillen als Einkerbungen der Oberfläche auf, die nicht tief in die Panzerdecke hinabreichen und an ihren beiden Enden ganz unmerklich im Terrain verlaufen.“

3) Eine Charakteristik derselben, welche durch die merkwürdige Schrift „Telliamed“ (R. Sieger, Über Telliamed, Verhandl. d. 66. Versammlung d. Naturf. u. Ärzte, II, 1, S. 238) eingeleitet wurde, ist an anderer Stelle zu geben versucht worden (Günther, Handbuch der Geo-

die sehr viel größere Erde anwendbar erachten dürfen. Demgemäß erscheint es sehr wohl denkbar, daß es zur Ansammlung größerer Wasser- und Eismassen auf dem Monde überhaupt niemals gekommen ist.

Setzen wir jedoch den Fall, daß es sich anders verhalten habe, und daß zu einer gewissen Zeit eine hinlängliche Menge von Wasser existiert habe, um durch die äußerst niedrige Temperatur der kosmischen Umgebung verfestigt werden zu können. Fauth glaubt (a. a. O.), die Wärmemessungen Verys¹⁾, die augenblicklich ohne Zweifel die verlässigsten Zahlen für die auf unserem Begleiter obwaltenden Temperaturdifferenzen an die Hand geben, als Beleg für seine uns bekannte Doktrin verwerten zu dürfen; da er diese Arbeit jedoch nur nach sekundärer Quelle²⁾ zitiert, so darf nachdrücklich darauf hingewiesen werden, daß Very selbst aus seiner Gegnerschaft gegen die Ericsson-Tealsche Vergletscherungslehre kein Hehl macht. Gewiß wird durch diese aktinometrischen Vergleiche festgestellt, daß der halbmonatliche Tag und die halbmonatliche Nacht auf der uns zugekehrten Mondhälfte sich in schärfst ausgesprochener Weise offenbaren müssen, wie dies (s. o.) bereits Gruithuisen ganz zutreffend geahnt hatte. Daß während der langen Finsternis die Temperatur auf -150° , ja auf -200° herabgehen könne, ergibt sich aus der Natur der Sache, aber für absolut unzulässig erklärt es unser Gewährsmann, der Mondoberfläche eine annähernd konstante, mit derjenigen des Intrastellarraumes

physik, 2. Band, Stuttgart 1899, S. 576 ff.). Daß durch Hydratisierung der Gesteine unaufhörlich Wasser den oberflächlichen Schichten verloren gehen müsse, haben Trautschold (Über säkuläre Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche, Dorpat 1869) und Lemberg (Über Silikatumwandlungen, Zeitschr. d. D. Geolog. Gesellsch., 28. Band, S. 515 ff.) mindestens sehr plausibel gemacht. Wieviel Wasser der Oberfläche unausgesetzt durch Absorption verloren geht, zeigt Reyer (Beitrag zur Physik der Eruptionen und der Eruptivgesteine, Wien 1877, S. 7 ff.).

1) Very, The probable Range of Temperature on the Moon, *Astro-physical Journal*, 8. Band, S. 199 ff., S. 265 ff.

2) S. Newcomb-R. Engelmann-H. C. Vogel, *Populäre Astronomie*, Leipzig 1905, S. 370.

sich deckende Temperatur beizulegen. Wenn nun aber während des vierzehntägigen sonnenlosen Zeitraumes auch ein energisches Gefrieren des angeblich vorhandenen Wassers eintritt, wird diese Eisschicht einer Bestrahlung standhalten können, die eine selbst im Durchschnitte über dem Gefrierpunkte sich haltende, im Maximum dagegen über die Siedehitze hinausgehende Temperatur erzeugt? Wahrlich, von diesem vermeintlichen Eismantel würde das Wort gelten: wie gewonnen, so zerronnen. Wer mit diesen Tatsachen rechnet, wird nicht daran denken dürfen, daß es auf dem Monde zur Herausbildung kompakter Eislagen kommen könne.

Ein ganz besonders entscheidendes Gewicht wirft endlich noch gegen die Glazialhypothese die Größe des Polarisationswinkels in die Wagschale. Durch Landerer¹⁾ und weit bestimmter noch durch Ebert²⁾ ist über die Zusammenhänge zwischen der Natur des lunaren Bodens und seiner Reaktion dem einfallenden Sonnenlichte gegenüber volles Licht verbreitet worden. Daß den sogenannten „Meeren“ eine gewisse Pelluzidität zukommt, läßt sich nicht leugnen, allein an Eisflächen, die ja fürs erste auch der Physiker für nicht gerade unmöglich erachten könnte, ist eben der Polarisationsverhältnisse wegen nicht zu denken. Der genannte maßgebende, die mineralogische Beschaffenheit des reflektierenden Stoffes eindeutig bestimmende Winkel ist nicht der des Eises, weicht vielmehr im Mittelwerte um mehrere Grade von demjenigen des Eises ab. Er beträgt für die Gesamtheit der Meere $33^{\circ} 43'$. Und da dies der Wert des Polarisationswinkels einiger natürlich-vulkanischen Gläser ist, die dem Petrographen als Tektite bekannt, und die in den aus dem Weltenraume in unsere Museen gewanderten Meteoriten wiederholt nachgewiesen sind, wie denn auch auf der

¹⁾ Landerer, Sur l'angle de polarisation de la Lune, Compt. Rend., 109. Band (1881), S. 360 ff.; Sur l'angle de polarisation des roches ignées et sur les premières déductions sélénologiques qui s'y rapportent, ebenda, 110. Band (1882), S. 210 ff.

²⁾ H. Ebert, Beitrag zur Physik der Mondoberfläche, Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wissensch., Mathem.-Physik. Kl., 1909, S. 153 ff.

Erde Obsidian und Vitrophyr ein fast genau übereinstimmendes Verhalten betätigen, so ist doch wohl der Erfahrungssatz, daß die „Mondmeere“ zum sehr großen Teile erstarrte Laven darstellen, von ganz unvergleichlich überzeugenderer Kraft als die reine Vermutung, man habe es da mit einer Übereisung größten Stiles zu tun.

Auf die optisch-photometrischen Momente ist hier nicht mehr eigens verwiesen worden, da sie ja, wie wir sahen, von Puiseux bereits ausreichend geklärt sind, und da es sich als völlig unzulässig herausgestellt hat, einzig aus dem hellen Glanze einzelner Partien auf deren glazialen Ursprung zu schließen. Somit wäre also die Gegenbeweiskette ziemlich vollständig geschlossen. Ob der Mond zu einer Zeit, da er noch eine diesen Namen verdienende Atmosphäre besaß, durch eine Reihe von Glazialperioden hindurchgegangen ist, die denen unserer Erde vergleichbar zu denken wären, wissen wir nicht, und wir werden auch niemals die Erforschung der Mondoberfläche derart bis in die feinsten Einzelheiten ausbilden können, um uns über diese Möglichkeit ein gesichertes Urteil zu verschaffen. Das aber dürfen wir behaupten, daß die Annahme, unser Satellit sei in der Jetztzeit mit einem dichten Eisüberzuge versehen, einer die verschiedenen hier in Frage kommenden Punkte ernstlich prüfenden Überlegung nicht standzuhalten vermag.
