

Brèves communications - Kurze Mitteilungen
Brevi comunicazioni - Brief Reports

Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. - Für die kurzen Mitteilungen ist ausschliesslich der Autor verantwortlich. - Per le brevi comunicazioni è responsabile solo l'autore. - The editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Zur Struktur des Zodiakallichts

Im Februar und März und im Oktober 1952 wurden auf der Hochalpinen Forschungsstation Jungfrauoch (Sphinx-Observatorium 3670 m) mit einer photoelektrischen Anordnung Beobachtungen der Flächenhelligkeit und der Polarisation des Zodiakallichts und des Gegenscheins ausgeführt. Das Photometer, in dem ein 1-P-21-Multiplier mit Gelb- und Blaufilter benutzt wurde, registrierte die Helligkeit und den Polarisationsgrad automatisch in Schnitten parallel zum Horizont. Beim Abend- und Morgenzodiakallicht wurde meist in einer konstanten Höhe von 20° beobachtet, um gleichbleibende Extinktionsverhältnisse und eine konstante Helligkeit des Nachthimmeluntergrundes zu haben. Da man bei der grossen Höhe des Sphinx-Observatoriums zumindest in den Wintermonaten stets weit oberhalb der atmosphärischen Dunstschicht ist und eine Atmo-

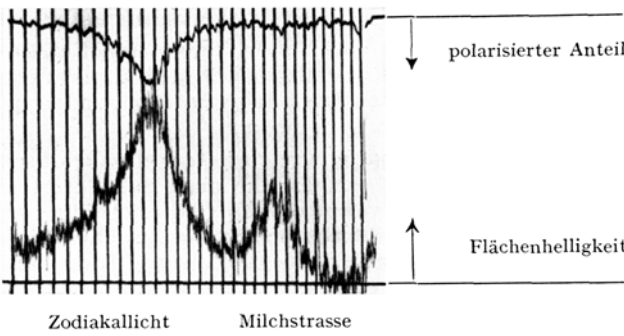


Abb. 1. Registrierung der Helligkeit (Ausschlag nach oben) und der Polarisation (Ausschlag nach unten) in 20° Höhe über dem Horizont. Die vertikalen Linien sind Azimutmarken.

sphäre mit reiner Rayleigh-Extinktion über sich hat, lassen sich die Reduktion der Beobachtungen und der Anschluss der Helligkeitsmessungen an das astronomische Grössenklassensystem mit grosser Genauigkeit durchführen.

In Abbildung 1 ist ein Beispiel einer Registrierung des Morgenzodiakallichts im Oktober 1952 wiedergegeben. Dabei wurde auch die Milchstrasse geschnitten, und man erkennt deutlich, dass das Zodiakallicht eine beträchtliche Polarisation zeigt, während das Licht der Milchstrasse nicht merklich polarisiert ist. Die starken Schwankungen der Helligkeitsregistrierung rühren von Sternen her, die bei der Registrierung in dem 2,5° grossen Gesichtsfeld auftauchen; die Schwankungen bei der Polarisationsregistrierung kommen dagegen im wesentlichen vom Rauschen des Multipliers.

Die Helligkeiten und Polarisationsgrade im Zodiakallicht und im Gegenschein wurden nach Abzug des Airglows und der von den Sternen herrührenden Untergrundhelligkeit durch Isolinien in einem ekliptikalen Koordinatensystem dargestellt. Die weitere Reduktion erfolgte unter der Voraussetzung, dass der beobachtete polarisierte Anteil ausschliesslich durch Streuung an

freien Elektronen im Raum zwischen Sonne und Erdbahn zustande kommt und dass die vorhandenen Staubpartikel keinen merklichen Beitrag zur Polarisation liefern. Diese Annahme lässt sich aus der Mieschen Theorie der Lichtstreuung an kleinen Teilchen der in Betracht kommenden Radien begründen. Diese Radien liegen grösstenteils um 10^{-3} cm, da Teilchen mit Radien kleiner als $2 \cdot 10^{-4}$ cm, für die der Strahlungsdruck der Sonne die Anziehung übersteigt, nicht auftreten können und da die Teilchenzahl mit wachsendem Radius r rasch abfallen muss (annähernd proportional $r^{-3,5}$).

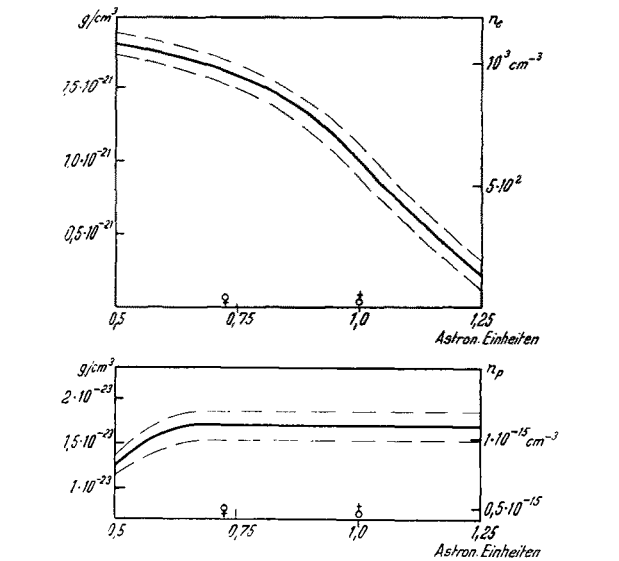


Abb. 2. Verlauf der Elektronendichte n_e und der Staubbichte n_p in der Ekliptik. Abszisse: Abstand von der Sonne. Ausgezogen: Mittelwerte vom 22. bis 27. Februar 1952. Gestrichelt: Fehlergrenzen.

Die Integralgleichungen, die den polarisierten Anteil der Flächenhelligkeit des Zodiakallichts mit der räumlichen Dichteverteilung der Elektronen und den unpolarisierten Anteil mit der Staubverteilung verbinden, wurden numerisch durch Zurückführung auf Systeme linearer Gleichungen gelöst. Die Ergebnisse in der Ekliptik sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Elektronendichte in Erdbahnnähe, die sich zu rund 600 je Kubikzentimeter ergab, steht in guter Übereinstimmung mit anderen Abschätzungen; es ist aber zu vermuten, dass sie mit der Sonnenaktivität korreliert ist und räumlichen und zeitlichen Schwankungen unterliegt. Die an der Ordinatenkala angeschriebenen Dichtewerte entsprechen der Annahme, dass die elektrische Ladung jedes streuenden Elektrons jeweils durch ein Proton kompensiert wird. Die Dichte der gasförmigen Materie in der Ekliptik ist dann in Erdbahnnähe rund 100mal grösser als die Dichte der staubförmigen Materie; ein ähnliches Verhältnis zwischen atomar verteilter und staubförmiger Materie herrscht auch im interstellaren Raum. Die schwache Abnahme der Staubbichte innerhalb der Venusbahn zur Sonne hin ist nicht unerwartet, da die Partikel in Sonnennähe verdampfen müssen.

Der Gegenschein lässt sich am besten deuten als eine Staubwolke in der Umgebung des Librationspunktes L_2 im System Sonne-Erde, der im Abstand 0,01 Erdbahnradien oder $1,5 \cdot 10^{11}$ cm von der Erde liegt. Die Partikeldichte in der Wolke ist rund 30mal grösser als in der Umgebung, und die Gesamtmasse der Gegenscheinmaterie ist mit rund 30 000 t kleiner als die der kleinsten Planetoiden.

Eine ausführliche Darstellung der Untersuchung erscheint in der Zeitschrift für Astrophysik.

Der Verwaltung der Hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch danken wir für die Überlassung der Arbeitsplätze und die bereitwillige Unterstützung der Messungen auf dem Sphinx-Gipfel; der Unesco sind wir für eine finanzielle Beihilfe zu Dank verpflichtet.

A. BEHR und H. SIEDENTOPF

Astronomisches Institut der Universität Tübingen, den 5. Januar 1953.

Summary

Photoelectric observations of intensity and polarization in the zodiacal light at Jungfraujoch were reduced under the assumption that the polarization arises from free electrons. This gives a mean electron density of about 600 cm^{-3} near the earth and a density of dust particles of 10^{-15} cm^{-3} , which is nearly constant through the ecliptic.

Polare Kristallform und Piezoelektrizität des Eises

Für Eis werden röntgenographisch und aus Elektronenbeugungsversuchen die trigonale Holoedrie D_{3h}^{22} (22), die hexagonale Holoedrie D_{6h}^{27} (27) und die hexagonale Hemimorphie C_{6v}^{26} (26) als mögliche Strukturen angegeben. Der Beitrag der Morphologie zur Frage der Struktur ist unklar, da offensichtlich eine grosse Variationsbreite der Eigengestaltlichkeit besteht¹. Die konstruktive Metamorphose in der Schneedecke liefert mit den Becherkristallen ausgesprochen hemimorphe Kristalle². An atmosphärischen Teilchen³ und einzelnen Eiskristallen im Laboratoriumsversuch⁴ sind die Milieufaktoren Temperatur und Übersättigung in ihrer habitusbestimmenden Funktion festgelegt worden. Bei Temperaturen unter -20°C sind die Eisteilchen vielfach pyramidenförmig (gefüllte Becherkristalle), also eine polare Form. Während in der Schneedecke sicherlich anisotrope Wachstumsbedingungen (in bezug auf Gefügefähigkeit und Stoffzufuhr) bestehen, sind Milieufaktoren für die atmosphärischen Teilchen, deren Wirkung die Hemimorphie ist, wohl als existierend anzunehmen (zum Beispiel gleichsinnige Stoffzufuhr an ruhig schwebende basale Plättchen).

Andererseits besteht zwischen der Struktur und den Symmetrien physikalischer Erscheinungen eine einsinnige Verknüpfung. Angewandt auf das Eis besagt sie, dass Piezo- und Pyroelektrizität nur für die, die optische Achse als polare Achse enthaltende Struktur C_{6v}^{26} aus den drei Möglichkeiten zutreffen kann. Zur Abklärung der Existenz eines Piezoeffektes sind von HETTICH und STEINMETZ⁵, ROSSMANN⁶ und neuestens von MASON und OWSTON⁷ Versuche ausgeführt worden. ROSSMANN gibt an, einen Effekt gefunden zu haben, die Resultate von

HETTICH und STEINMETZ sowie MASON und OWSTON aber sind negativ, wobei letztere ihre Experimente an Kristallen mit den gleichen polaren Formen ausgeführt haben, wie sie bei den metamorphen Kristallen der Schneedecke zu finden sind.

Die Versuche am Institut wurden mit zwei Methoden ausgeführt, deren Wirksamkeit bestimmt worden war. Die erste, die Methode von BERGMANN, besteht darin, dass am belegten Kristall die durch einen mechanischen Pulser hervorgerufene Deformationspolarisation als Spannung auf den Elektroden mittels einer Verstärkung gemessen wird. Die für diese Versuche aufgebaute (ziemlich unempfindliche) Apparatur hätte erlaubt, für Eis Piezomoduli bis zur minimalen Grösse $5 \cdot 10^{-8}$ CGS (stat. coulomb dyn⁻¹) zu bestimmen. Bei der zweiten Methode, der Serieimpedanzmethode, wird ein belegter Kristall durch den indirekten Piezoeffekt zu Schwingungen ange-regt. Der piezoelektrische Kristall als frequenzabhängiges Kopplungsglied zwischen Generator und Detektor zeigt eine Resonanzüberhöhung, da eine Resonanz des Kristalls die Impedanz ändert. Das Mass für die Konversion der total zugeführten elektrischen Energie in mechanische Schwingungsenergie ist der elektromechanische Kopplungsfaktor.

Die Resonanzüberhöhung ist von der elektromechanischen Kopplung und vom Gütefaktor des Kristalls abhängig. Bei bekanntem Gütefaktor (zu 100–500 bei 1000 Hz bestimmt) und der gemessenen Apparaturempfindlichkeit bestimmt sich die minimale Grösse des elektromechanischen Kopplungsfaktors, die der Kristall haben muss, dass eine Resonanz eindeutig festgestellt werden kann, zu 10^{-3} .

Die Resonanzfrequenzen der Kristalle, die aus den Elastizitätsmoduli¹ berechenbar sind, liegen über 10^4 Hz, also dort, wo die Dielektrizitätskonstante des Eises auf etwa 3 abgefallen ist. Berechnet man aus dem minimalen elektromechanischen Kopplungsfaktor für Frequenzen über 10^4 Hz den Piezomodul, so ist dessen untere Grösse, die feststellbar sein muss, $1,5 \cdot 10^{-9}$ CGS.

Der Homogenität der Messkristalle war besondere Aufmerksamkeit zugewandt worden. Es wurde bei der Untersuchung der gezüchteten Eiskristalle, die man bei gewöhnlicher Untersuchung als einkristallin bezeichnet, mit den feineren optischen und röntgenographischen Methoden nämlich festgestellt, dass sehr oft selbst in kleinen Bereichen die kristallographischen Achsen ihre Richtung änderten. Die Achsenrichtungen verändern sich meist sprunghaft (Aufspaltung der Laue-Interferenzen), selten kontinuierlich (Asterismus der Laue-Interferenzen) um Beträge bis maximal 3° . Das Kristallgefüge lässt sich grob als Verzweigungsstruktur (lineage structure), wie sie BUEGER² beschreibt, kennzeichnen. FRIEDLÄNDER³ beobachtet an Quarzen der Schweizer Alpen ähnliches. An den Verwackelungsstellen waren in Dünnschliffen vielfach Haarröhrchen (mit Luft gefüllt oder als sehr dünne einkristalline Stäbchen) zu finden. Die Ausschaltung solcher Störungen im Bau des Einkristalls, der dann zur Messung verwendet wurde, war in jedem Falle ausgeführt worden. Das zu den Zuchten verwendete Wasser war verschiedener Natur, destilliertes Wasser, Brunnenwasser und Schmelzwasser. Als Gefässe dienten zur Züchtung der Einkristalle Glasschalen, emaillierte und metallische Gefässe, kleinere Stücke (Dendriten) wurden auf Glasplatten gezüchtet. Auf die fertig präparierten und orientierten Stäbe wurden Aluminiumfolien als Elektroden aufgefroren.

¹ H. STEINMETZ, Z. angew. Min. 3 (1941).

² H. P. EUGSTER, Beiträge zur Geologie der Schweiz (Geotechn. Serie, Hydrologie, 5. Lf., Bern 1952).

³ H. WEICKMANN, Umschau 50, 116 (1950).

⁴ B. J. MASON, Umschau 53, 15 (1953).

⁵ A. HETTICH und H. STEINMETZ, Z. Phys. 76, 700 (1932).

⁶ F. ROSSMANN, Exper. 6, 182 (1950).

⁷ B. J. MASON und P. G. OWSTON, Phil. Mag. 43, 911 (1952).

¹ F. JONA und P. SCHERRER, Helv. phys. Acta 25, 35 (1952).

² M. J. BUEGER, Z. Kristallogr. 89, 195 (1934).

³ C. FRIEDLÄNDER, Geol. Mag. 89, 217 (1952).