

Werk

Jahr: 1970

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:36

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0036

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0036

LOG Id: LOG_0097

LOG Titel: Polarisationsmessungen an künstlichen Bariumwolken

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Polarisationsmessungen an künstlichen Bariumwolken

Measurements of Polarization at Artificial Barium Clouds

Von G. F. MÖLLER und L. HASER, Garching¹⁾

Eingegangen am 10. April 1970

Zusammenfassung: Mit einem photoelektrischen Polarimeter, das mit rotierendem Analysator arbeitet, wird der Polarisationsgrad der Resonanzfluoreszenzstrahlung von Bariumwolken in der Hochatmosphäre gemessen. Es ergeben sich für die Resonanzlinie von Ba I $\lambda = 5535 \text{ \AA}$ ein Polarisationsgrad von $0,78 \pm 0,05$ und für die Linie $\lambda = 4554 \text{ \AA}$ von Ba II ein Polarisationsgrad von $0,33 \pm 0,05$. Der Aufbau und die Arbeitsweise des Gerätes werden beschrieben und die Meßergebnisse diskutiert.

Summary: The polarization of resonance radiation from barium clouds in the upper atmosphere is measured by a photoelectrical polarimeter with rotating analyzer. The construction of the polarimeter and a discussion of the results is given. One finds the degree of polarization to be $P = 0.78 \pm 0.05$ at a wavelength $\lambda = 5535 \text{ \AA}$ (resonance line of the neutral barium), and $P = 0.33 \pm 0.05$ at a wavelength of $\lambda = 4554 \text{ \AA}$ (resonance line of the ionized barium).

Einleitung

Am Institut für extraterrestrische Physik werden seit einigen Jahren Experimente mit künstlichen Bariumwolken in der hohen Atmosphäre gemacht [HAERENDEL, LÜST und RIEGER 1967; FÖPPL et al. 1967; HASER 1967]. In Höhen von über 130 km bis etwa 350 km wird bei einer chemischen Reaktion überschüssiges Barium verdampft. Durch das Sonnenlicht werden Ba-Atome zu Resonanzfluoreszenz angeregt und die Wolken sind dadurch vom Boden aus beobachtbar. Nach einer kurzen Phase schneller Expansion werden die Ba-Atome durch atmosphärische Moleküle abgebremst und diffundieren langsam auseinander. Im allgemeinen sind die Wolken anfänglich optisch dick und gehen nach einigen Sekunden in den optisch dünnen Zustand über. Zur Auswertung der fotografischen Aufnahmen in Hinblick auf die Gesamtteilchenzahl ist es aber wesentlich, den Zeitpunkt dieses Überganges möglichst genau zu kennen [LÜTJENS 1966]. Messungen der Polarisations-eigenschaften der Fluoreszenzstrahlung können hier Aufschluß bringen. Zu diesem Zweck wurde ein Polarimeter gebaut und der Polarisationsgrad der Resonanzlinie des neutralen Bariums bei $\lambda = 5535 \text{ \AA}$ und der kurzwelligen Linie des Resonanzdoublets des ionisierten Bariums bei $\lambda = 4554 \text{ \AA}$ gemessen.

¹⁾ Gerhard F. MÖLLER und Leo HASER, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Institut für extraterrestrische Physik, 8046 Garching.

Theorie

Um eine Übersicht über die zu erwartende Polarisation zu bekommen, beschränkt man sich auf folgendes Modell, das den Verhältnissen im Experiment angepaßt ist:

1. Resonanzstrahlung ohne Vielfachstreuung.
2. Rechter Winkel zwischen Beleuchtungsrichtung und Beobachtungsrichtung.
3. Dipolstrahlung.

Der Polarisationsgrad der Resonanzstreustrahlung ist unter diesen Voraussetzungen im wesentlichen von der Gesamtdrehimpulsquantenzahl J der Terme, zwischen denen der Übergang stattfindet, bestimmt [MITCHELL und ZEMANSKY 1934; FEOFILOV 1959]. In Korrekturen muß die Hyperfeinstruktur von Barium und ein äußeres Magnetfeld in Stärke und Richtung berücksichtigt werden. Die Voraussetzungen für dieses Modell waren beim Experiment in Kiruna recht gut erfüllt. Jede Wolke wird im Laufe der Zeit so verdünnt, daß keine Vielfachstreuung mehr stattfindet. Der Winkel zwischen Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtung beträgt immer nahezu 90° , da die Experimente in der Abend- oder Morgendämmerung stattfinden. Die Forderung der Dipolstrahlung ist bei den betrachteten Linien erfüllt. Das Magnetfeld in Kiruna hat eine Stärke von 0,54 Gauß parallel zur Beobachtungsrichtung und damit eine depolarisierende Wirkung von 2,5%.

λ [Å]	Übergang	Polarisationsgrad
5535	$6s6p\ 1P^0_1 - 6s^2\ 1S_0$	0,84
4554	$6s^2S_{1/2} - 6p^2P^0_{3/2}$	0,37

Beschreibung des Instrumentes

Das Polarimeter arbeitet mit rotierendem Analysator. Die beim Durchgang von linear polarisiertem Licht auftretende Helligkeitsmodulation enthält die nötige Information um den Polarisationsgrad des eintreffenden Lichtes zu bestimmen. Der Polarisationsgrad ist definiert als $P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$ [BORN und WOLF 1959].

Die Umdrehungsfrequenz des rotierenden Polarisationsfilters, die maßgebend ist für die zeitliche Auflösung der Messung, beträgt 1,32 Sekunden. Der Öffnungswinkel ist so groß gewählt, daß die Bariumwolke in ihrer interessanten Phase ganz erfaßt wird, aber auch so eng, daß nicht zuviel störender Himmelshintergrund mitgemessen wird. Das Gesichtsfeld von 10° Durchmesser erscheint optimal. Das mit der doppelten Umdrehungsfrequenz des Analysators intensitätsmodulierte Licht fällt auf die Photokathode eines Sekundärelektronen-Vervielfachers, die zur Herabsetzung des thermischen Rauschens mit Hilfe eines Peltierelementes gekühlt ist.

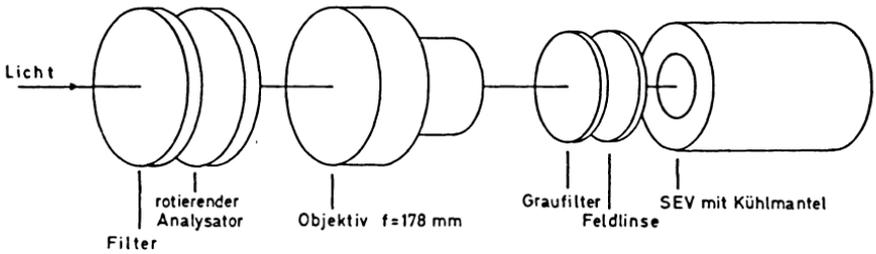


Abb. 1: Aufbau des Polarimeters.

Construction of the polarimeter.

Um eine gleichmäßige Ausleuchtung der Photokathode zu erreichen, wird die Objektivöffnung mit einer Feldlinse im Brennpunkt des Objektivs auf die Kathode abgebildet. Das Objektiv hat eine Brennweite von 178 mm, und ein Öffnungsverhältnis von 1:2,8 (Abb. 1). Für die vom SEV kommenden Impulse, die einzelne Photonen repräsentieren, wurde eine impulzzählende Elektronik entwickelt. Die Impulse werden verstärkt, sobald sie einen einstellbaren Schwellwert übersteigen. Durch die Regelung dieses Wertes läßt sich die Empfindlichkeit des Gerätes verändern. Einschieben von Graufiltern erlaubt es, starke Helligkeitsunterschiede bei verschiedenen Experimenten ausgleichen zu können. Die verstärkten Impulse werden in drei dekadischen Untersetzerstufen wahlweise 1:10, 1:100 oder 1:1000 untersetzt. Gleichzeitig speisen sie einen Frequenz-Spannungswandler, an den zwei

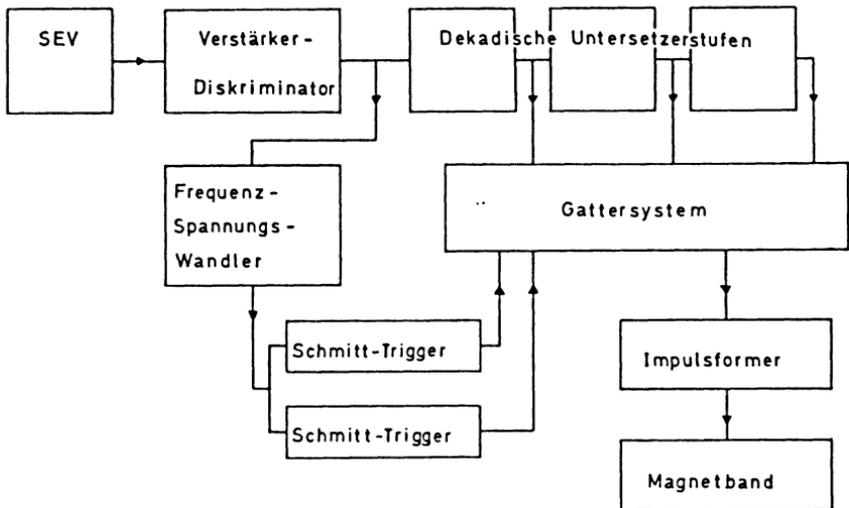


Abb. 2: Blockschaltbild der Impulsverarbeitenden Elektronik.

Bloc-diagram of the pulse-handling electronics.

Schmitt-Trigger mit verschiedenen hohen Eingangsschwellen gekoppelt sind. Je nach Impulsrate bzw. Spannung am Ausgang des Wandlers bildet der Zustand der Schmitt-Trigger drei logische Stufen (0,0), (0,1) und (1,1). Das dadurch angesteuerte Gattersystem bestimmt, welche der drei Untersetzungsstufen ausgelesen wird. Zur besseren Unterscheidbarkeit erhält jeder Impuls je nach der Untersetzungsstufe eine charakteristische Höhe. Schließlich wird die Impulsfolge auf Magnetband registriert. Auf einer anderen Spur des Bandes wird während der Messung ein Referenzsignal in Form eines scharfen Impulses bei jeder vollen Umdrehung des Polarisationsfilters aufgezeichnet (Abb. 2).

Das Abfragen der Meßergebnisse vom Band erfolgt am vorteilhaftesten mit einem Vielkanalanalysator, der als Multiscaler geschaltet ist. Um innerhalb einer Umdrehungsdauer des von 1,32 s eine \sin^2 -Modulation aufzulösen, wurde eine Zählzeit von 50 ms gewählt. Aus dieser Art der Registrierung erhält man alle 0,66 s je ein Maximum und ein Minimum der Intensität und damit je einen Wert für den Polarisationsgrad. Auf diese Art der Auswertung geht die Abb. 3 zurück. Wegen der statistischen Fehler wäre es an sich wünschenswert, längere Zählzeiten zu verwenden. Wegen der nötigen zeitlichen Auflösung ist dies jedoch nicht möglich. Durch phasengerechte Überlagerung der Zeitintervalle kann man beliebig viele Perioden erfassen. Über eine Verzögerungsleitung wird ein Gatter mit einer bestimmten Phasenverschiebung gegenüber dem 0° -Referenzimpuls für 50 ms geöffnet, und nur während dieser Zeit werden die registrierten Impulse vom Band gezählt. Die Länge der Verzögerung wird nun variiert, und so eine ganze Periode mit 50 ms-Intervallen überdeckt. Diese Methode ist aber nur anwendbar, wenn sich die Intensität und der Polarisationsgrad nur langsam mit der Zeit ändern. Dies ist bei der Strahlung der ionisierten Wolke der Fall (Abb. 4), während sich bei der neutralen Wolke die Intensität für dieses Verfahren zu schnell ändert.

Meßergebnisse

Beim Einsatz des Gerätes zur Messung des Polarisationsgrades der von Bariumwolken ausgesandten Strahlung am 20. März 1968 in Kiruna/Schweden ergab sich folgendes Verhalten (Abb. 3). In der Anfangsphase der neutralen Wolke steigt der Polarisationsgrad der Linie $\lambda = 5535 \text{ \AA}$ an, und zwar von 0,65 bei 15 s bis auf 0,78 \pm 0,05 bei 70 s nach Verdampfung. Er bleibt dann nahezu konstant, bis er bei 95 s nach Verdampfung etwa 20% absinkt, um danach wieder anzusteigen.

Der geringe Polarisationsgrad in den ersten 50 s nach Verdampfung läßt sich dahingehend interpretieren, daß bei großer optischer Dicke infolge von Mehrfachstreuung in der Wolke eine Depolarisation auftritt. Die Ausdehnung der Wolke und die Abnahme der Zahl der neutralen Teilchen durch Ionisation bewirkt nun, daß ein immer größerer Teil der Strahlung durch Einfachstreuung von Sonnenlicht direkt zum Beobachter gelangt. Im optisch dünnen Fall findet keine Mehrfachstreuung mehr statt und der Polarisationsgrad bleibt konstant. Die quantitative Erfassung

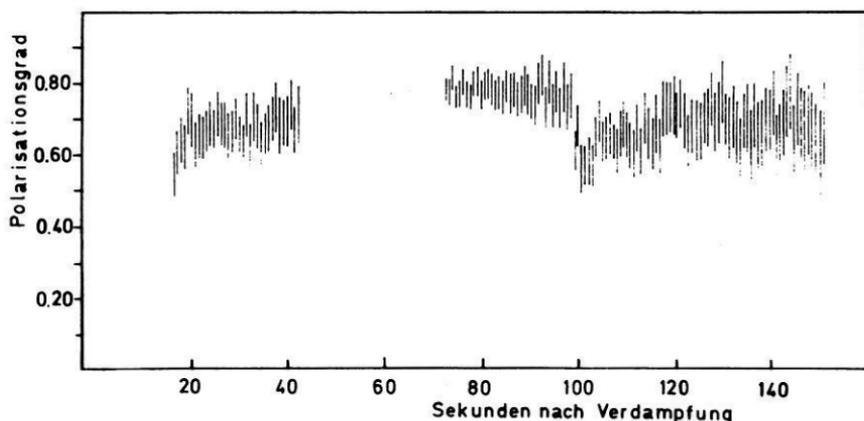


Abb. 3: Zeitliches Verhalten der in der Linie $\lambda = 5535 \text{ \AA}$ gemessenen Polarisation.

Time dependence of the polarization at $\lambda = 5535 \text{ \AA}$.

dieser Vorgänge erfordert eine Bearbeitung des Strahlungstransportes in der Wolke [DRAPATZ 1970].

92 s nach Verdampfung wird eine neue im Anfang optisch dicke Wolke erzeugt, die ebenfalls im Blickfeld des Polarimeters liegt. Der Anteil an unpolarisierter Strahlung nimmt zu, die gemessene Gesamtpolarisation sinkt. Auch die zweite Wolke wird schließlich durch Ausdehnung und Abnahme der Teilchenzahl optisch dünn, und die Polarisation nimmt wieder zu. Aus diesen Messungen ergibt sich, daß die

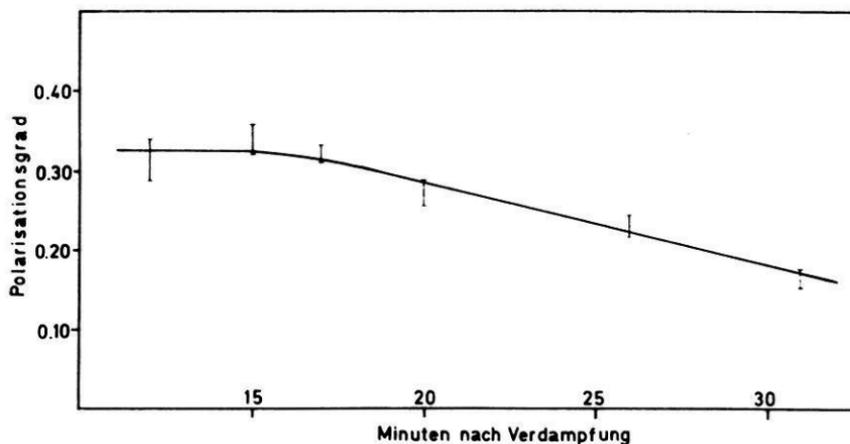


Abb. 4: Zeitliches Verhalten der in der Linie $\lambda = 4554 \text{ \AA}$ gemessenen Polarisation.

Time dependence of the polarization at $\lambda = 4554 \text{ \AA}$.

Polarisation sehr gut den Zeitpunkt für den Übergang von optisch dicker zu optisch dünner Wolke liefert. Bisher war die von der sphärischen Symmetrie abweichende Form der Wolken der einzige Hinweis für optische Dicke. Nach der Auswertung der photographischen Aufnahme erreicht diese Wolke ihre Kugelgestalt im Bereich von etwa 70 s bis 80 s nach Verdampfung, in guter Übereinstimmung mit dem hier gefundenem Zeitpunkt.

Auch für die Linie $\lambda = 4554 \text{ \AA}$ der ionisierten Wolke stimmt der gemessene Polarisationsgrad innerhalb der Fehlergrenzen mit dem theoretisch zu erwartenden Wert überein; er liegt bei $0,33 \pm 0,05$ (Abb. 4). Für spätere Zeiten etwa von 17 Minuten nach Verdampfung an wird eine Abnahme der Polarisation beobachtet. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, daß zu dieser Zeit die Gesamthelligkeit abgesunken und somit der Einfluß des unpolarisierten Hintergrundes zu merken ist. Dagegen spricht aber, daß parallel gelaufene Messungen der Linie $\lambda = 4934 \text{ \AA}$, der anderen Komponente des Dubletts, zeigen, daß diese bis zur 20. Minute zunimmt.

Literatur

- BORN, M., and E. WOLF: Principles of Optics, Pergamon Press, London 1959
- DRAPATZ, S.: In Vorbereitung 1970
- FEOFILOV, P. P.: The Physical Basis of Polarized Emission, Moscow 1959; englische Übersetzung Consultants Bureau, N. Y. 1961
- FÖPPL, H., HAERENDEL, L. HASER, J. LOIDL, P. LÜTJENS, R. LÜST, F. MELZNER, B. MEYER, H. NEUSS and E. RIEGER: Artificial Strontium and Barium Clouds in the Upper Atmosphere. Planet. Space Sci. 15, 357–372, 1967
- HAERENDEL, G., R. LÜST and E. RIEGER: Motion of Artificial Ion Clouds in the Upper Atmosphere. Planet. Space Sci. 15, 1–18, 1967
- HASER, L.: In Aurora and Airglow, ed. by B. M. McCormac, N. Y. 1967, Reinhold Publishing Corp.
- LÜTJENS, P.: Diplomarbeit Universität München 1966
- MITCHELL, A. C. G., and M. W. ZEMANSKY: Resonance Radiation and Excited Atoms, Cambridge University Press, 1934