

Ein strukturierter Polarisationsanalysator, der die Poincaré-Kugel überspannt

E.Frins*, B.Hils**, L.Beresnev***, W.Dultz**, H.Schmitzer

Universidad de la República Montevideo*, Univ.Frankfurt(Main)**, U.S.Army Res.Lab.Adelphi***,
Xavier Univ. Cincinnati,

requalivahanus(affenschaukel)t-online.de

Wir beschreiben einen Analysator für alle möglichen Polarisationszustände, der ohne bewegliche Teile aus zwei Quarzkeilen besteht und berichten über erste Experimente mit Rotfilterlicht.

Einleitung

Polarisationsanalysatoren dienen zur Bestimmung des Polarisationszustandes eines Lichtstrahls und bestehen im einfachsten Fall aus einem $\lambda/4$ Blättchen, einem linearen Polarisator und dem Auge als Detektor. Kommerzielle Polarimeter enthalten eine rotierende Kristallplatte oder spalten den Lichtstrahl auf und messen die einzelnen Stokesparameter dann getrennt. Strukturierte Analysatoren [1] sind Polarisationsfilter die, auf einem Areal verteilt, viele verschiedene Polarisationszustände transmittieren und so „mit einem Blick“ die Polarisation bestimmen lassen. Im folgenden beschreiben wir eine Anordnung, die die gesamte Oberfläche der Poincaré-Kugel [2] auf ein quadratisches Gebiet abbildet, so daß jedem Polarisationszustand ein typisches Muster zugeordnet werden kann.

Die Idee

Idealerweise besteht unser Analysator aus zwei Quarzkeilen mit gekreuzten Gradienten und einem Verzögerungsbereich von -180° bis $+180^\circ$, von denen die schnelle Achse E_H des ersten parallel zum Gradienten, die des zweiten E_{45° unter 45° zum Gradienten orientiert ist, Abb.1. Hinter dem Keilpaar steht ein Linearanalysator P_A . Die unbekannte Polarisation P wird in unserem Experiment durch den Linearpolarisator P_1 und ein $\lambda/4$ - Blättchen erzeugt.

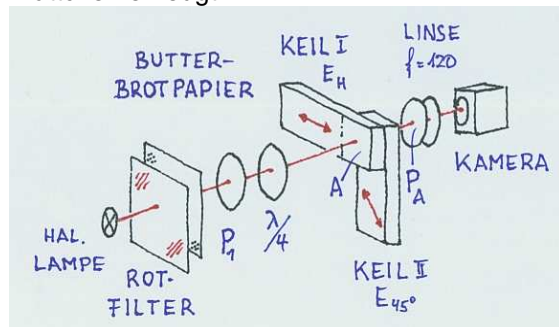


Abb.1 Experimentelle Anordnung zur Messung des Polarisationszustandes

Auf der Poincaré-Kugel, Abb.2, sind die schnellen Achsen der beiden Keile I und II unter 90° auf dem Äquator eingezeichnet, die lokalen Verzögerungen $\alpha_1(x), \alpha_2(y)$ drehen den Polarisationszustand P in die vertikale Polarisation V . Verwenden wir einen Analysator P_A , der horizontal polarisiert ist, so treten an dem Ort x, y auf dem Areal A der gekreuzten Keile dunkle Flecken auf, die zur Charakterisierung des Polarisationszustandes von P dienen. Ein anderes P wird dann durch ein anderes Paar α_1, α_2 zu V hin verschoben und durch andere Flecken x, y charakterisiert.

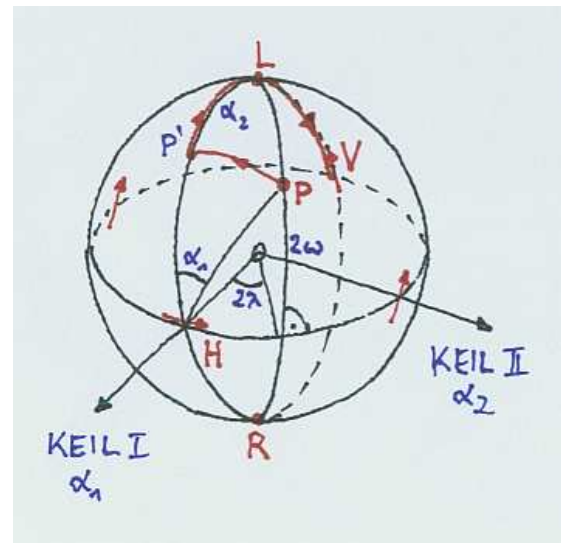


Abb.2 Poincaré-Kugelmodell unseres Polarisationsanalysators.

Wir werden sehen, daß es sich bei diesen Flecken nicht immer um rundliche Kleckse handelt, sondern daß auch Balken und Übergänge zwischen Klecksen und Balken auftreten.

Für den Punkt mit der Intensität Null finden wir mit der sphärischen Trigonometrie (Achtung! [3]):

$$2\lambda = \tan^{-1} \left\{ \frac{\sin \alpha_1}{\cot \alpha_2} \right\}; 2\omega = \cos^{-1} \left\{ \frac{-\cos \alpha_1}{\cos 2\lambda} \right\}$$

Aus dem Ort x, y dieser dunkelsten Stelle auf dem Keilareal A läßt sich nach Eichung der

Polarisationszustand $P(\lambda\{\alpha_i\}, \omega\{\alpha_i\})$

bestimmen. Um die gesamte Fleckenausdehnung auf dem Areal zu bestimmen, muß man die Intensität der Flecken allgemein berechnen. Das führt zu komplizierteren Beziehungen.

Für den hier behandelten Fall erwarten wir auf dem Areal eine Fleckenverteilung nach Abb.3.

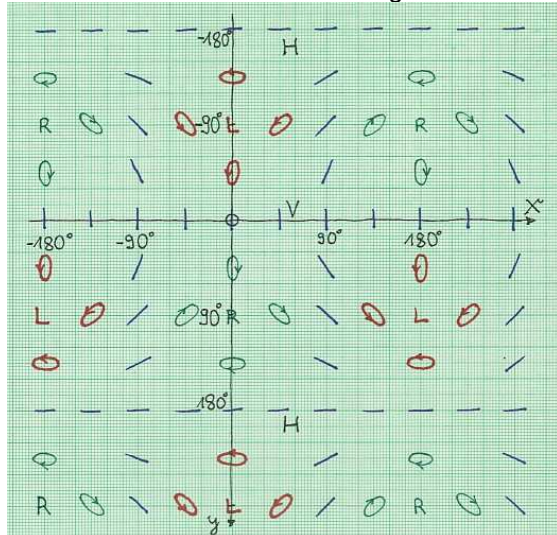


Abb.3 Verteilung der Polarisationszustände auf dem Analysatorareal A: H,V,R,L \Rightarrow horizont., vertik., rechts, links zirk.pol. sonst Lichtellipse

Es handelt sich hierbei um eine Art orthographischer Projektion mit linearisiertem Winkelmaßstab in der y-Richtung. Dadurch geht die Flächentreue der Archimedesschen Abbildung verloren.

Experimentelle Verwirklichung

Wir verwendeten zwei Kompensatorkeile der Firma Dr.Steeg & Reuter aus Quarz mit den genannten Gradienten- und Achsorientierungen in einer Anordnung nach Abb.1. Da die Verzögerung der Keile stark von der Wellenlänge abhängt, wurde mit einer Halogenlampe und Rotfilterlicht (Rotfolie: Edmund Nr.706.38 Orange Amber Nr.819) gearbeitet. Als Detektor diente eine Digitalkamera. Im Prinzip könnte man die farbabhängige Verzögerung nach Eichung auch für breitbandige Polarisationsanalytoren dieser Art nutzen. Abb.4 zeigt die dunklen Flecken für verschiedene Polarisationszustände P auf dem Areal A des Analysators. Die Winkelangaben sind die jeweiligen Orientierungswinkel λ der linearen Polarisationszustände. Wir erkennen die Balken (Bild 1,7) der ausgezeichneten Polarisierungen H,V, sowie ihre Übergänge zu anderen Linearpolarisationen (Bild 2,6) Nur in Bild 9 steht der Ausgangspolarisator P_A unter -45° (sonst H), da der Schnittpunkt der Balken der Bilder 7,9 die Nullverzögerung markieren, die

etwas aus der Mitte des Areals A nach links oben gerückt ist. Die ungleichen Dimensionen vergleichbarer Kleckse sowie der Balken werden durch Inhomogenitäten im Beleuchtungsfeld verursacht. Bild 12 faßt die verschiedenen Flecken (in roter Schrift) zusammen. Leichte Ungleichförmigkeiten in dieser Zusammenstellung rühren daher, daß wir als $\lambda/4$ -Blättchen eine Plastikfolie verwendeten, die nur für eine mittlere Wellenlänge im Sichtbaren die gewünschte Verzögerung besitzt. In einer anderen Ausführung könnte der Kamerasensor mit dem Analysator P_A direkt auf dem Keilareal aufliegen und die Polarisationsanalyse mit einem Rechner automatisiert werden.

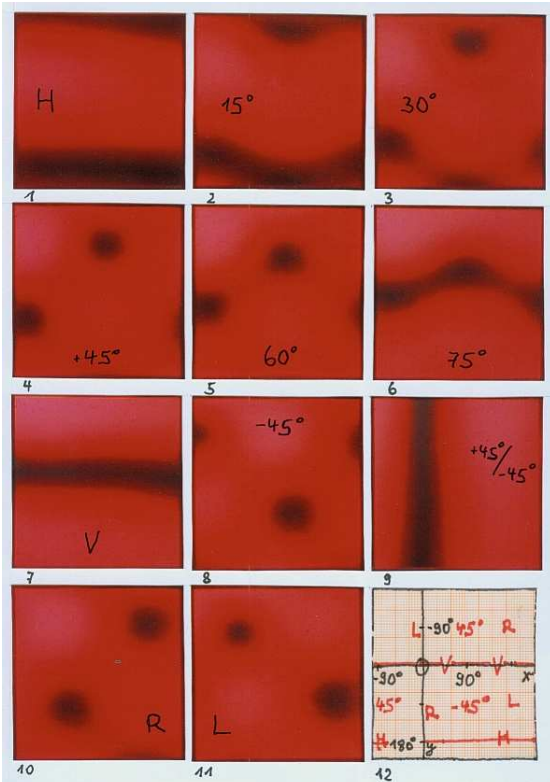


Abb.4 Verteilung der dunklen Flecken auf dem Areal A des Analysators für verschiedene lineare Polarisationszustände Bilder 1-8, sowie rechts- (10) und links (11) zirkular pol. Licht. Bild 9 dient zur Bestimmung der Nullverzögerung, Bild 12 faßt die Ergebnisse zusammen

Danksagung

Dieses Projekt wurde von der Cottrell Research Corporation unterstützt. E.Frins bedankt sich beim PEDECIBA, Uruguay.

Literatur

- [1] E.Frins, B.Hils, H.Schmitzer, W.Dultz; www.dgao-proceedings.de – ISSN:1614-8436 - (2008)
- [2] J.Simmons,M.Guttman; States,Waves and Photons, Reading 1970
- [3] Druckfehler im Bronstein: rechtwinklig sphärisches Dreieck 2.92/93