

PO - Doppelbrechung und elliptisch polarisiertes Licht

Blockpraktikum Herbst 2005

Alexander Seizinger, Tobias Müller
Assistent Florian Jessen

Tübingen, den 6. Oktober 2005

1 Vorwort

In diesem Versuch ging es um das Phänomen der Doppelbrechung und die genauere Untersuchung der daraus resultierenden Effekte.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Polarisation

Licht kann als sich ausbreitende elektromagnetische Welle beschrieben werden, wobei \vec{E} -Feld und \vec{B} -Feld um 90° versetzt schwingen. Die räumliche Ausrichtung dieser Vektoren bezeichnet man als Polarisation. Überlagert man verschiedene Strahlen gleicher Wellenlänge so ergibt sich im allgemeinen *elliptisch* polarisiertes Licht. Die \vec{E} -Feld und \vec{B} -Feld Vektoren ändern sowohl ihre Richtung als auch ihren Betrag ständig.

Im Spezialfall eines Gangunterschiedes Δs von

$$\Delta s = k \frac{\lambda}{2} \quad \text{wobei } k \in \mathbb{N}^+$$

ergibt sich *linear* polarisiertes Licht - die Richtung der Vektoren bleibt konstant.

Im Spezialfall eines Phasenunterschieds $\Delta\varphi$ von $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ ergibt sich *zirkular* polarisiertes Licht - der Betrag der Vektoren bleibt konstant.

2.2 Brechung

Beim Übertritt in ein anderes Medium ändern sich μ und ϵ , wodurch sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit c ändert. Für den Brechungsindex n gilt

$$n = \frac{c_{\text{Vakuum}}}{c_{\text{Medium}}}$$

Nach dem Fermatschen Prinzip kommt es hierdurch zur Lichtbrechung. Bei einem optisch *isotropen* Medium ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts in alle Richtungen hin gleich.

2.3 Doppelbrechung

Bei einem *anisotropen* ist dagegen die Lichtgeschwindigkeit im Medium nicht in alle Richtungen hin gleich. Die *optische Hauptachse* läuft per definitionem senkrecht durch die Ebene, in der alle schwingenden Dipole liegen. Das Licht des *ordentlichen* Strahls breitet sich parallel zur Hauptachse mit der *Hauptlichtgeschwindigkeit* aus. Sein \vec{E} -Feld Vektor steht senkrecht zur optischen Achse. Licht, dessen \vec{E} -Feld Vektor senkrecht zu dem des ordentlichen Strahles steht, bezeichnet man als den *ausserordentlichen* Strahl.

Für beide Strahlen ist somit der Brechungsindex n und somit die Ausbreitungsgeschwindigkeit c unterschiedlich.

3 Versuchsbeschreibung

In diesem Versuch liessen wir Licht fester Wellenlänge λ auf einen doppelbrechenden Quarzkeil, nach dem es durch einen Polarisator geschickt worden war, fallen. Anschliessend musste dieses Licht einen Analysator mit veränderbarer Polarisation passieren. Im ersten Teil ergaben sich durch den leicht schrägen Quarzkeil unterschiedliche Laufwege und damit Phasenverschiebungen für die einfallenden Lichtstrahlen. Durch die folgenden Polarisationsfilter wurden nur bestimmte Polarisationsrichtungen durchgelassen. Bei linear polarisiertem Licht beobachtete man dunkle Streifen.

4 Auswertung

4.1 Brechungsindexdifferenzen bei Quarzkeil

Zur Bestimmung der Abstände zwischen den Streifen wurde mehrmals gemessen und dann gemittelt:

$$d_{blau} = (2.26 \pm 0.57) \text{ mm} \qquad d_{gruen} = (3.21 \pm 0.27) \text{ mm} \qquad d_{gelb} = (3.05 \pm 0.40) \text{ mm}$$

Da der Keilwinkel des Quarzes bekannt war ($\alpha = \arctan \frac{0.85}{49.5}$) konnte nun, mit Hilfe folgender Formel, die Brechungsindexdifferenzen berechnet werden:

$$\Delta n = \frac{\lambda}{d \cdot \tan \alpha}$$

Wir erhalten (mit Gaußscher Fehlerfortplanzung):

$$\Delta n_{blau} = (10.4 \pm 2.6) \cdot 10^{-3} \qquad \Delta n_{gruen} = (9.2 \pm 0.8) \cdot 10^{-3} \qquad \Delta n_{gelb} = (6.7 \pm 0.9) \cdot 10^{-3}$$

Bei den beiden Stellungen in denen Streifen (unabhängig vom Polarisator) ausfallen kann es sich nur um Stellungen handeln, bei denen der Analysator parallel oder senkrecht zur optischen Achse steht.

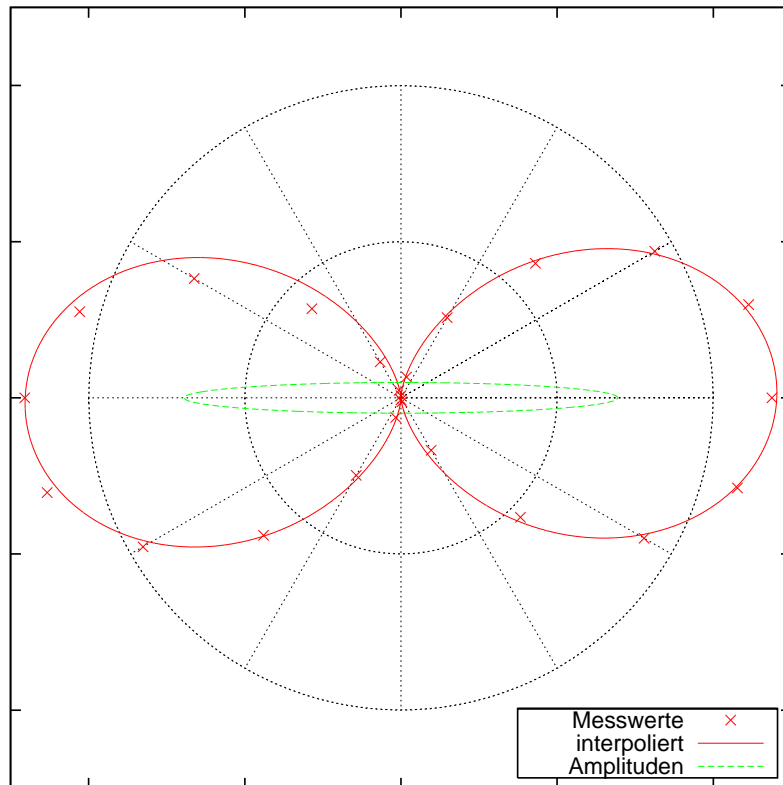
4.2 $\frac{\lambda}{4}$ -Folie

Zu erst wurden, die Messwerte gemittelt um sie anschließend in ein Polar-Diagramm einzuzeichnen. Dort läßt sich dann die kleine und große Halbachse ablesen und somit die Amplitudeellipse zeichnen.

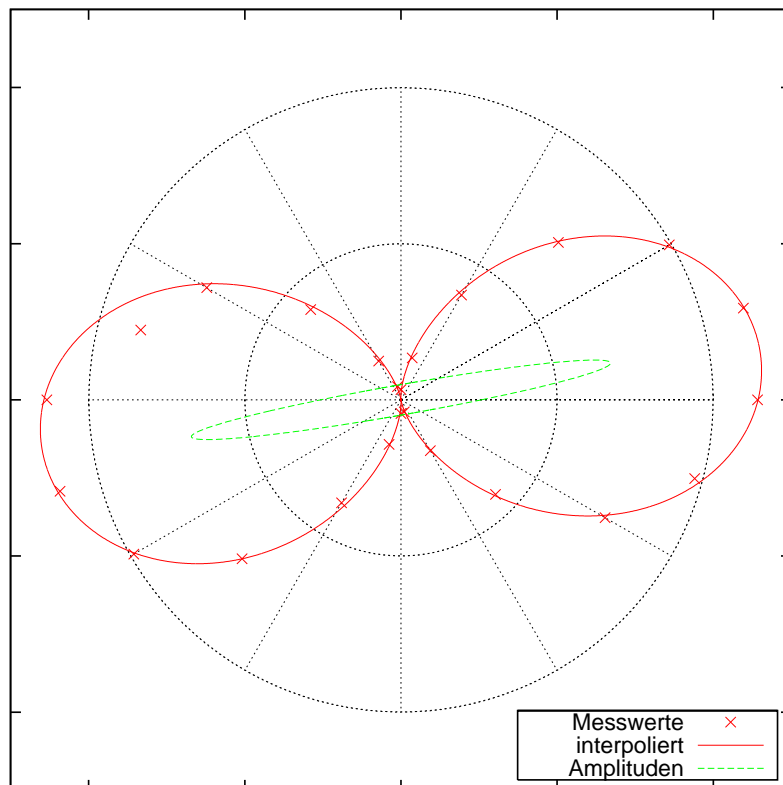
Aus den Schaubilder folgt für die Lichtvektoren:

Pol.-Stellung	1. Halbachse	2. Halbachse	Verhältnis	LV-Verhältnis
0°	48.14	0	0	0
15°	46.4	0	0	0
30°	38.2	9.9	3.86	1.96
45°	27.4	15.46	1.77	1.33

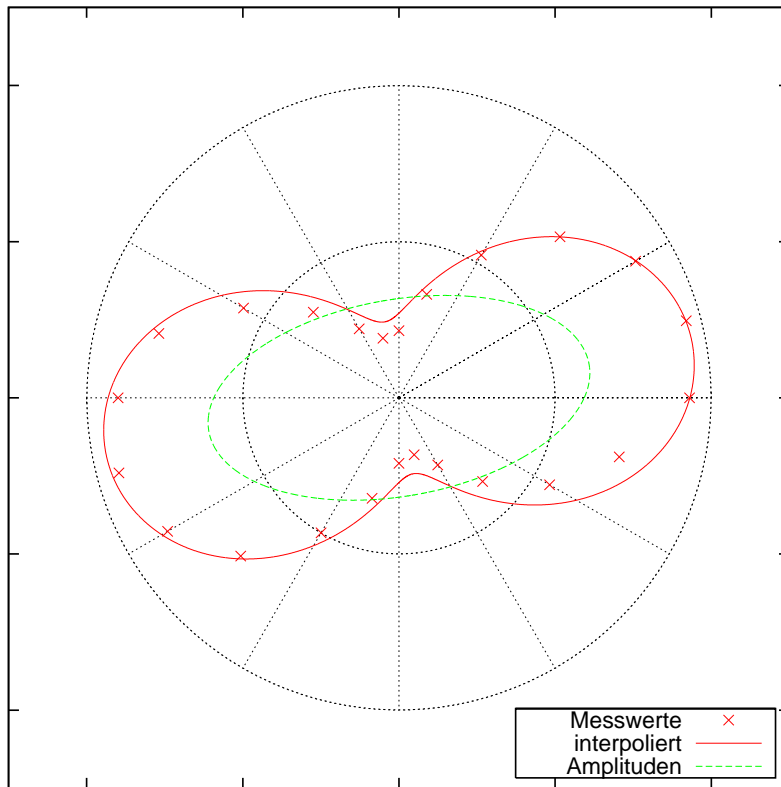
Polarisatorstellung 0°



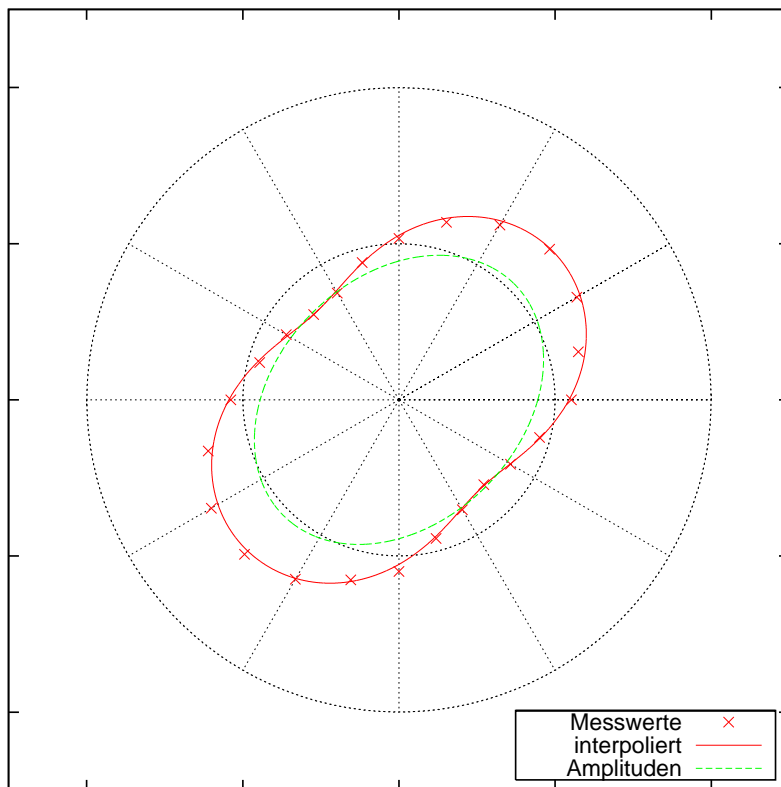
Polarisatorstellung 15°



Polarisatorstellung 30°



Polarisatorstellung 45°



4.3 Messdaten

4.3.1 Quarzkeil

grün	gelb	blau
$\frac{2.0\text{cm}}{6}$	$\frac{1.1\text{cm}}{4}$	$\frac{0.8\text{cm}}{4}$
$\frac{2.1\text{cm}}{6}$	$\frac{2.3\text{cm}}{8}$	$\frac{1.1\text{cm}}{5}$
$\frac{1.0\text{cm}}{3}$	$\frac{0.7\text{cm}}{2}$	$\frac{1.4\text{cm}}{7}$
$\frac{1.4\text{cm}}{5}$	$\frac{1.1\text{cm}}{4}$	$\frac{1.7\text{cm}}{7}$
$\frac{1.9\text{cm}}{6}$	$\frac{1.5\text{cm}}{5}$	$\frac{1.9\text{cm}}{8}$
$\frac{2.3\text{cm}}{7}$	$\frac{1.4\text{cm}}{5}$	$\frac{0.3\text{cm}}{2}$
$\frac{1.1\text{cm}}{4}$	$\frac{1.8\text{cm}}{5}$	$\frac{0.5\text{cm}}{2}$
$\frac{0.7\text{cm}}{2}$	$\frac{0.4\text{cm}}{1}$	
	$\frac{1.1\text{cm}}{4}$	

4.3.2 $\frac{\lambda}{4}$ -Folie

Polarisatorstellung 0°

0	47.9	47.2	47.3	47.6
15	45.1	46	47	46.3
30	36.0	37.8	37.8	38.5
45	23.5	24.9	25.2	23.8
60	12.5	10	13.1	11.8
75	2.8	2.9	2.5	2.8
90	0.3	0.1	0.3	0.4
105	0.7	0.9	1.1	1.2
120	6.4	4.8	5.2	4.9
135	16.6	15.9	15.8	16.2
150	30.8	31	30.5	30
165	42.4	42	43.2	42.8
180	48.8	48	47.8	48.1
195	47	46.2	47.3	47.1
210	38.5	37.8	38.2	38.1
225	25.4	24.1	24.9	25.2
240	11.4	11.3	11.5	11.7
255	2.7	2.4	2.5	2.8
270	0.3	0.3	0.2	0.2
285	0.6	0.6	0.4	0.5
300	7.6	7.9	7.8	7.7
315	22.4	20.7	22.3	21.2
330	36.6	35.2	36.2	35.8
345	45.7	43.7	45.2	43.8

Polarisatorstellung 30°

0	37.0	38.3	36.4	37.2
15	38.9	38.2	37.4	37.9
30	35.2	35.8	34.2	34.8
45	29.3	28.9	29.2	29.3
60	20.9	21.3	21.4	20.8
75	13.6	13.2	14.2	13.9
90	8.7	8.3	8.2	9.2
105	7.9	7.6	7.9	8.2
120	10.3	10.2	9.8	10.5
135	15.7	15.2	15.4	15.8
150	23.0	22.8	22.6	23.5
165	31.8	31.5	31.6	32.4
180	36.1	35.8	36.3	35.7
195	37.4	37.8	36.4	36.9
210	34.6	33.8	33.9	34.5
225	28.5	28.9	28.4	28.8
240	20.0	20.3	19.7	19.8
255	13.2	13.5	13.1	13.5
270	8.5	8.9	8.3	7.9
285	7.5	7.8	7.4	7.5
300	10.0	9.8	9.6	10.3
315	15.1	15.3	14.6	15.6
330	22.2	22.7	21.9	22.3
345	29.2	28.9	29.4	29.3

Polarisatorstellung 15°

0	46.3	45.1	45.6	45.7
15	45.1	45.8	45.3	45.4
30	39.4	39.8	39.7	39.8
45	28.4	28.6	28.5	28.6
60	15.3	15.6	15.7	15.4
75	5.3	5.5	5.6	5.8
90	1.4	1.3	1.2	1.3
105	1.7	1.9	1.8	1.6
120	5.8	5.6	5.7	5.8
135	16.5	16.3	16.2	16.4
150	28.2	28.9	29.3	28.5
165	34.4	34.8	34.6	34.2
180	46.1	44.9	45.3	45.1
195	45.2	45.0	45.1	45.5
210	39.8	39.6	39.7	38.9
225	28.7	28.9	28.6	28.9
240	15.2	15.4	15.0	15.3
255	6.4	5.2	5.8	6.2
270	1.6	1.7	1.8	1.9
285	1.7	1.8	1.5	1.4
300	6.4	8.1	7.7	7.9
315	17.1	17.3	17.2	16.9
330	29.5	31.0	29.8	30.4
345	39.4	39.1	38.5	38.8

Polarisatorstellung 45°

0	21.9	22.2	21.8	22.4
15	24.0	23.2	23.8	24.1
30	26.6	26.8	25.9	25.9
45	27.0	27.5	27.8	26.9
60	25.9	25.8	25.7	26.0
75	23.3	23.4	23.8	23.7
90	20.8	21.2	20.4	20.3
105	18.3	18.5	18.1	17.9
120	15.9	16.2	15.7	15.4
135	15.5	15.1	15.3	15.9
150	16.8	16.2	16.5	17.2
165	18.6	18.3	18.1	18.9
180	21.3	21.1	22.0	21.7
195	25.4	25.8	25.1	24.9
210	28.0	27.5	27.7	27.8
225	28.2	27.8	27.9	28.0
240	26.6	26.8	26.2	26.5
255	23.5	23.8	24.3	23.9
270	21.0	22.9	22.8	21.2
285	18.3	18.1	18.5	18.6
300	16.0	16.5	16.2	16.3
315	15.3	15.2	15.1	15.8
330	16.9	16.3	16.1	16.7
345	18.9	18.6	18.4	18.7