

Praktikum Klassische Physik Teil 2 (P2)

Polarisation und Doppelbrechung

Simon Fromme, Philipp Laur

28. Mai 2013

Inhaltsverzeichnis

1 Polarisation	2
1.1 Demonstration der Polarisation durch Streuung	2
1.2 Lineare Polarisation	2
1.3 zirkulare Polarisation	2
1.4 elliptische Polarisation	4
2 Farbänderungen an Glimmerplättchen und 'Klebefilmbildern'	7
3 Spannungsdoppelbrechung	8

1 Polarisation

1.1 Demonstration der Polarisation durch Streuung

Im Demonstrationsversuch wurde ein polychromatischer Lichtstrahl durch ein Wasser-glas geleitet. Aufgrund der Wechselwirkung zwischen Licht und Wassermolekülen wird dieser Strahl im Wasser sichtbar. Die Wassermoleküle werden nach der Lorentzoszillator Modellvorstellung zu Schwingungen angeregt. Diese bewegten Ladungen wiederum strahlen als Dipole EM-Wellen aus (senkrecht zur Schwingungsachse). Wird dieses reflektierte Licht nun durch einen Polarisationfilter betrachtet erkennt man, dass je nach Orientierung des Filters, der Lichtstrahl sich von maximaler zu minimaler Intensität ändert. Dies lässt darauf schließen, dass die Wassermoleküle gleich polarisiertes Licht emittieren. Wieso lässt sich also nun nur diese eine Polarisation beobachten? Da die Wassermoleküle erst einmal statistisch verteilt vorliegen kann man zuerst zwischen zwei Richtungen unterscheiden. Jene Ebene senkrecht zur Ausbreitungsrichtung ist hier die entscheidende, denn nur diese wird angeregt. Wird nun das Streulicht senkrecht zur Ausbreitungsrichtung und senkrecht zur Schwingungsrichtung betrachtet, so ist nur noch eine Polarisation zu sehen.

1.2 Lineare Polarisation

Wieder wurde polychromatisches Licht für den Versuch verwendet im Anschluss wurden die gleichen Messungen mit monochromatischem Licht wiederholt. Da es mit der Apparatur nicht möglich war über die kompletten 360 Grad zu messen wurden die weiteren Messwerte extrapoliert.

Die folgenden Werte sind um die gemessene Dunkelspannung bereits korrigiert. Deutlich

Tabelle 1: Messergebnisse: lineare Polarisation mit polychromatischem Licht

φ in °	U in mV						
90	60,4	40	241,7	-10	368,8	-60	149,6
80	69,3	30	291,5	-20	346,5	-70	104,3
70	96,1	20	332,3	-30	300,3	-80	72,2
60	132,3	10	360,1	-40	253,0	-90	59,8
50	183,4	0	368,7	-50	201,8		

zu sehen ist, vollständiger Spannungsabfall auf null stattfindet. Diesen Übergang müsste es theoretisch bei einer Orientierung von 90 bzw 270 Grad gegenüber dem ersten Filter geben. Dennoch ist eine deutliche Einschnürung zu erkennen. Anscheinend ist der Polfilter nicht für alle Wellenlängen gleich effektiv. In der Abbildung mit Bandpass (Wellenlänge 632,5nm) erkennt man hingegen den Spannungsabfall auf 0.

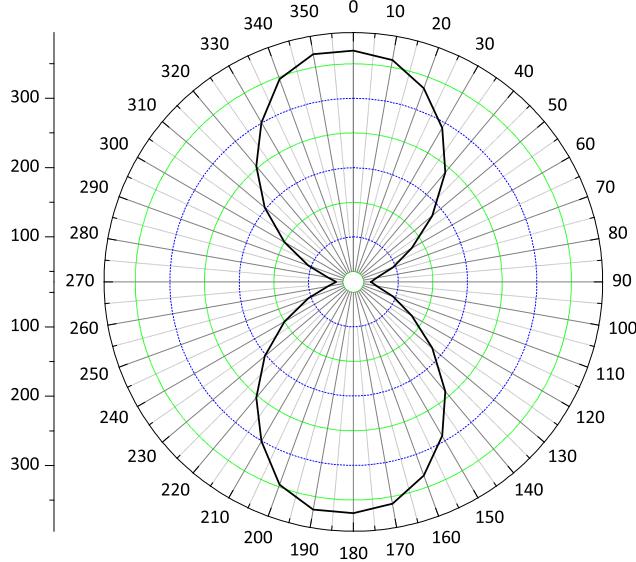


Abbildung 1: Lineare Polarisation ohne Bandpass

Tabelle 2: Messergebnisse: lineare Polarisation mit monochromatischem Licht

φ in $^\circ$	U in mV						
90	0,0	40	2,6	-10	4,4	-60	1,2
80	0,2	30	3,3	-20	4,0	-70	0,6
70	0,5	20	3,9	-3	3,3	-80	0,2
60	1,0	10	4,3	-40	2,7	-90	0,0
50	1,8	0	4,5	-50	1,9		

1.3 zirkulare Polarisation

Dieser Versuch wird nun mit vorgeschaltetem Bandpass ausgeführt, da eine Abhängigkeit von der Wellenlänge besteht. Außerdem wird mit Hilfe eines $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchens eine zirkulare Polarisation des Lichtes erreicht. Die Abweichungen von einem Kreis sind im Bereich der Messungsgenauigkeit, da die Intensität sehr gering war.

1.4 elliptische Polarisation

Um Licht mit elliptisch polarisiertem Licht zu erhalten wurde ein Glimmerplättchen zwischen die beiden Polfilter eingebracht. Die Messreihen wurden einmal für $d = 50 \mu\text{m}$ und einmal für $d = 60 \mu\text{m}$ durchgeführt.

In den Abbildungen erkennt man den elliptischen Charakter an der Drehung gegenüber dem linear polarisierten Licht, außerdem fällt die Intensität nicht auf null ab (es wurde

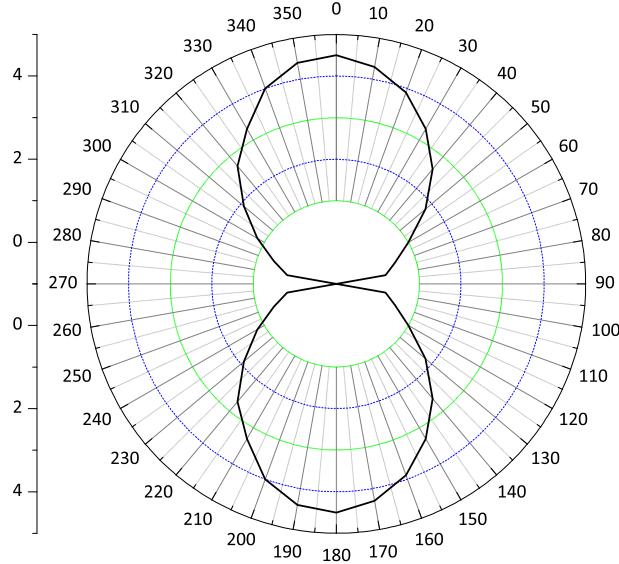


Abbildung 2: Lineare Polarisation mit Bandpass

Tabelle 3: Messergebnisse: zirkulare Polarisation

φ in $^\circ$	U in mV						
90	3,3	40	3,1	-10	3,1	-60	3,1
80	3,3	30	3,1	-20	3,0	-70	3,2
70	3,2	20	3,1	-30	3,0	-80	3,2
60	3,1	10	3,1	-40	3,1	-90	3,2
50	3,2	0	3,1	-50	3,1		

wieder ein Bandpass benutzt).

Tabelle 4: Messergebnisse: elliptische Polarisation ($d = 50 \mu\text{m}$)

φ in $^\circ$	U in mV								
75	2,6	25	1,4	-25	3,7	-75	4,7	-125	1,5
65	2,0	15	1,6	-35	4,4	-85	4,2	-135	1,1
55	1,6	5	2,0	-45	4,8	-95	3,7	-145	1
45	1,4	-5	2,6	-55	5	-105	3,0		
35	1,3	-15	3,3	-65	4,9	-115	2,1		

Bei $d = 50 \mu\text{m}$ wurde $T = 2,3 \text{ mV}$ und $L = 10 \text{ mV}$ bestimmt. Bei $d = 60 \mu\text{m}$ wurde $T = 1,2 \text{ mV}$ und $L = 18,4 \text{ mV}$ bestimmt. Die Phasenverschiebung wird mittels bekannter

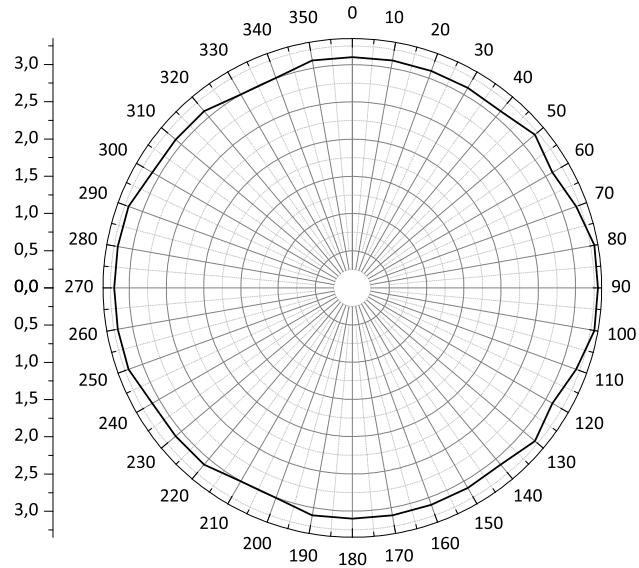


Abbildung 3: Zirkulare Polarisation

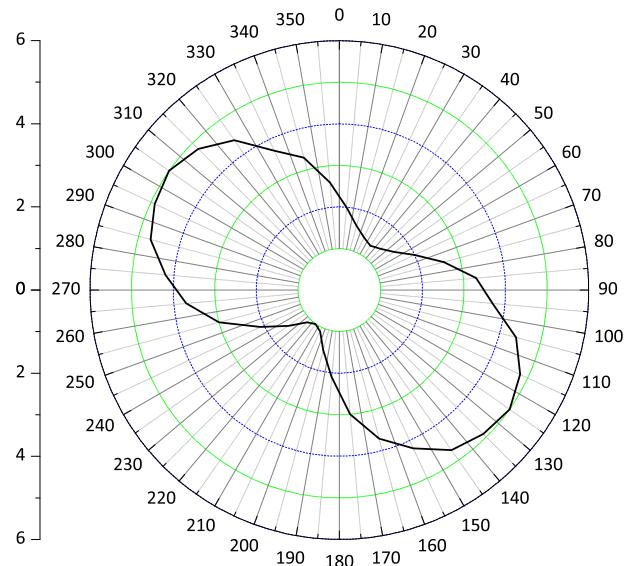


Abbildung 4: Elliptische Polarisation ($d = 50 \mu\text{m}$)

Formel bestimmt:

$$\Delta\phi = 2 \cdot \arctan \sqrt{\frac{T}{L}}$$

$$\Delta\phi_{d=50 \mu\text{m}} = 0,89$$

$$\Delta\phi_{d=60 \mu\text{m}} = 0,50$$

Tabelle 5: Messergebnisse: elliptische Polarisation ($d = 50 \mu\text{m}$)

φ in °	U in mV						
120	0,6	70	6,0	20	8,9	-30	2,4
110	1,0	60	7,4	10	7,9	-40	1,3
100	1,7	50	8,5	0	6,8	-50	0,7
90	3,1	40	9,1	-10	5,2	-60	0,6
80	4,5	30	9,2	-20	3,8		

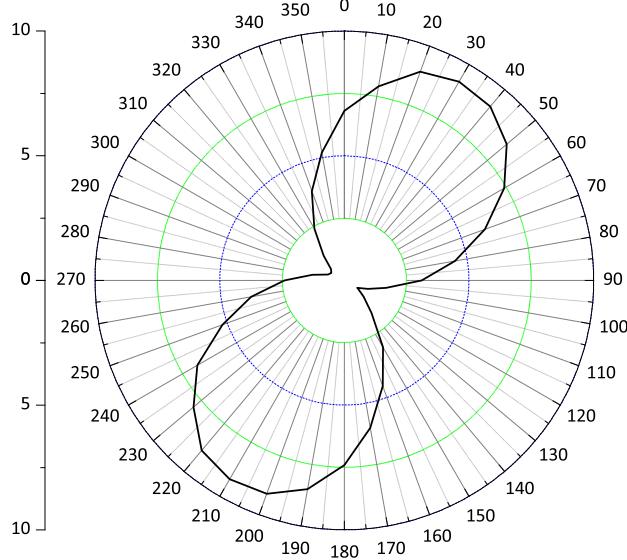


Abbildung 5: Elliptische Polarisation ($d = 60 \mu\text{m}$)

Hieraus ergibt sich für die Brechzahlendifferenz:

$$\begin{aligned}\Delta n &= \frac{\lambda}{2\pi d} \cdot \Delta\phi \\ \Rightarrow n_{d=50 \mu\text{m}} &= 0,0018 \\ \Rightarrow n_{d=50 \mu\text{m}} &= 0,000839 \\ \lambda &= 632,5 \text{ nm}\end{aligned}$$

Diese Messwerte erscheinen sehr gering, wobei es durchaus sein kann, dass die Differenz in dieser Größenordnung liegt (vergleiche zum Beispiel Quarz aus E.Hecht, Optik). Weiterhin fällt auf, dass die Differenzen nicht genau übereinstimmen, obwohl es das gleiche Material ist. Dies kann durch von der Angabe abweichenden Dicken und weiteren Messfehlern erklärt werden.

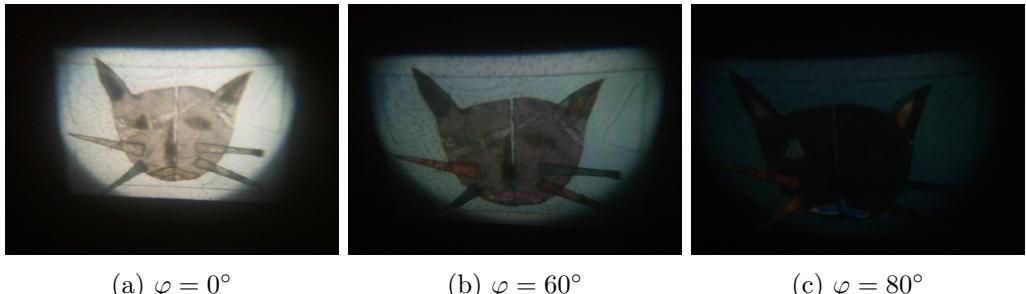
(a) $\varphi = 0^\circ$ (b) $\varphi = 60^\circ$ (c) $\varphi = 80^\circ$

Abbildung 6: Farbänderungen am Glimmerplättchen

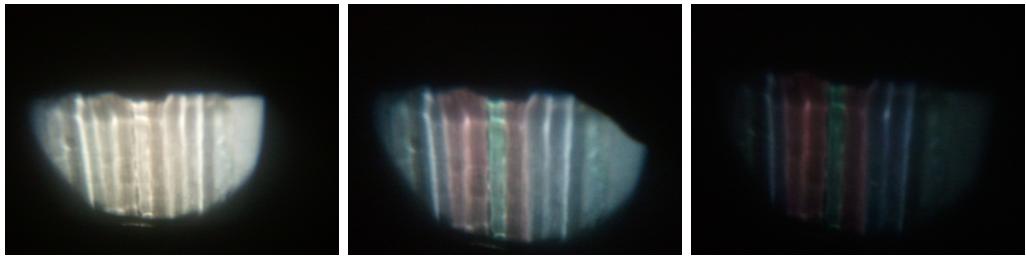
(a) $\varphi = 0^\circ$ (b) $\varphi = 60^\circ$ (c) $\varphi = 80^\circ$

Abbildung 7: Farbänderungen am Klebebild

2 Farbänderungen an Glimmerplättchen und 'Klebefilm Bildern'

In diesem Versuchsteil wurde folgende Versuchsanordnung gewählt, um die Bilder mit linear polarisiertem, weißen Licht an die Wand zu projizieren: Leuchte - Polarisator ($\varphi = 0^\circ$) - Polarisator ($\varphi = 90^\circ$) - Glimmerplättchen/Klebefeld - Linse - Schirm. Sowohl Glimmerplättchen, als auch Klebefeld sind doppelbrechend und erzeugen folglich elliptisch polarisiertes Licht am Ausgang. Je nach Drehwinkel werden verschiedene Wellenlängen unterschiedlich stark durchgelassen, wodurch eine Farbverschiebung durch die Drehung sichtbar wird.

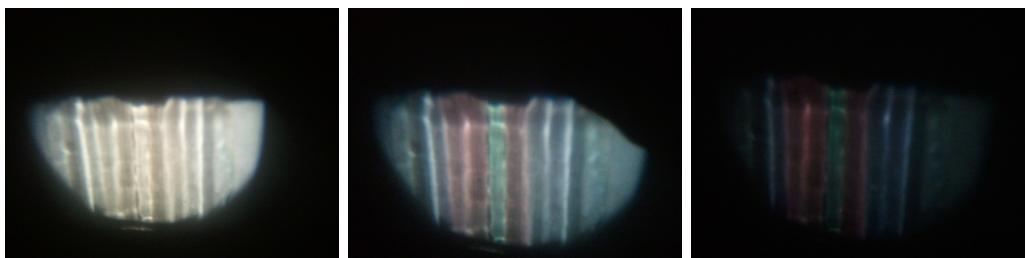
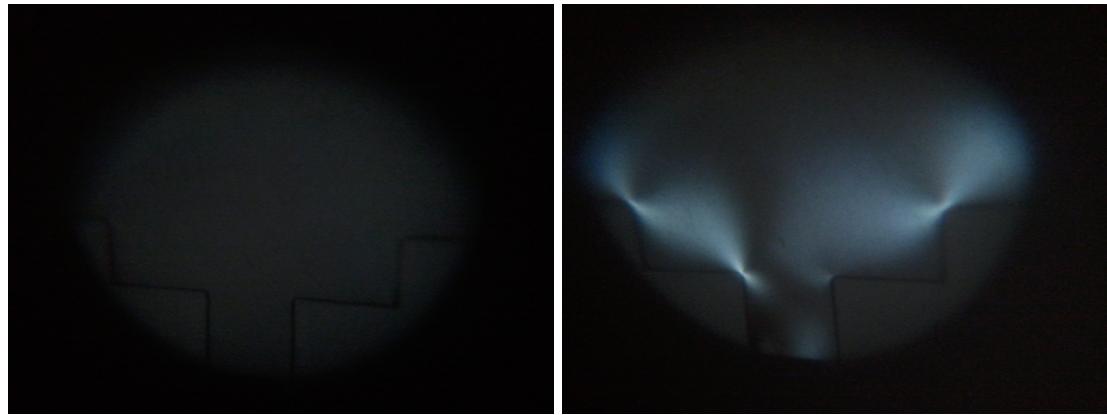
(a) $\varphi = 0^\circ$ (b) $\varphi = 60^\circ$ (c) $\varphi = 80^\circ$

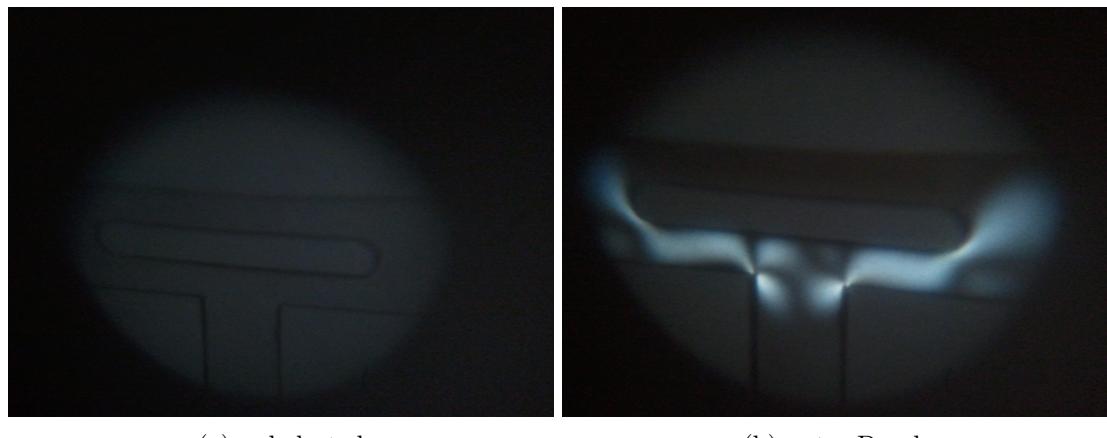
Abbildung 8: Farbänderungen am Klebebild



(a) unbelastet

(b) unter Druck

Abbildung 9: Spannungsdoppelbrechung: Profil 1



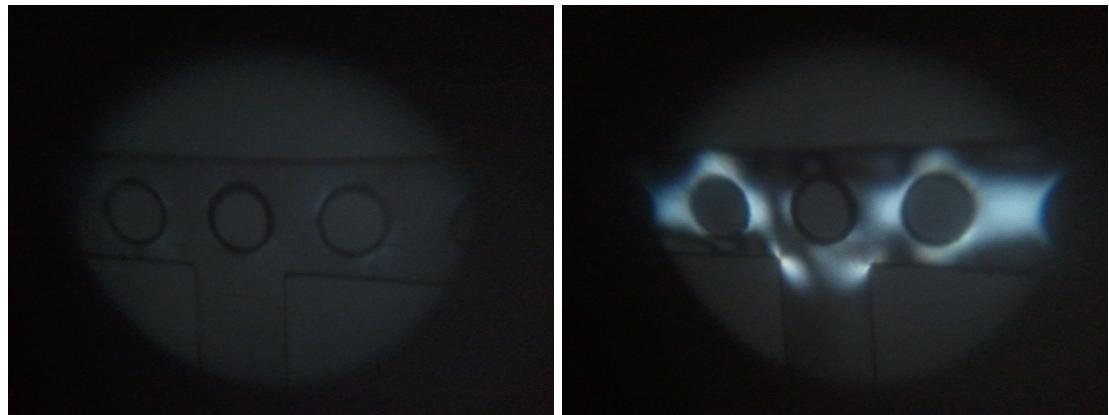
(a) unbelastet

(b) unter Druck

Abbildung 10: Spannungsdoppelbrechung: Profil 2

3 Spannungsdoppelbrechung

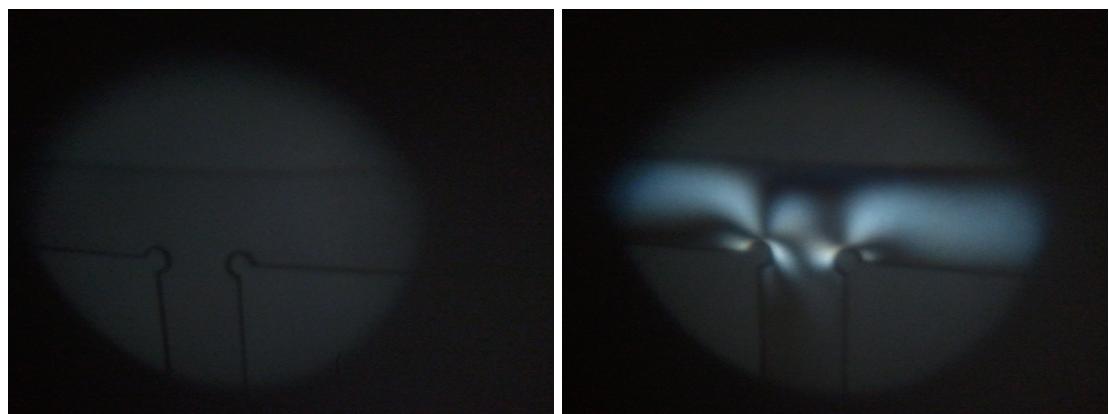
Der Aufbau wurde in diesem Versuch folgendermaßen gewählt: Leuchte - Polarisator ($\varphi = 0^\circ$) - Polarisator ($\varphi = 90^\circ$) - Profil - Linse - Schirm. Insgesamt wurden 5 Profile zuerst in unbelastetem Zustand und dann unter Druck dargestellt, wonach sich folgende Bilder ergeben. Der Unterschied in den Bildern lässt sich durch den druckabhängigen Brechungsindex erklären.



(a) unbelasted

(b) unter Druck

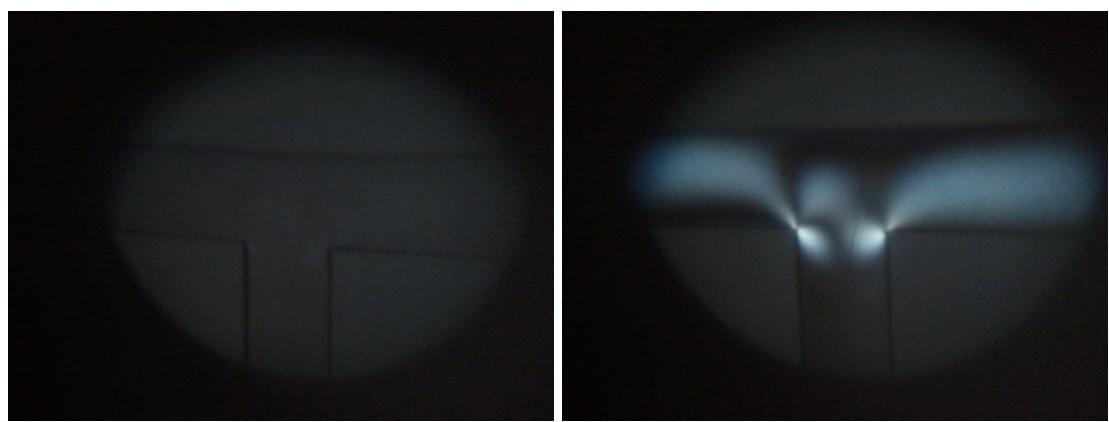
Abbildung 11: Spannungsdoppelbrechung: Profil 3



(a) unbelasted

(b) unter Druck

Abbildung 12: Spannungsdoppelbrechung: Profil 4



(a) unbelasted

(b) unter Druck

Abbildung 13: Spannungsdoppelbrechung: Profil 5