

Fortgeschrittenes Physik Lab SS19

Experiment: Faraday- und Pockelseffekt

(Durchgeführt am: (01-02).09.19 bei Leena Diehl)

Erik Bode, Damian Lanzenstiel
(Group 103)

8. Oktober 2019

Zusammenfassung

Inhaltsverzeichnis

1	Theoretische Grundlagen	2
1.1	Doppelbrechung	2
1.2	Pockels Effekt	2
1.3	Aufbau der Pockels Zelle	2
2	Tabellen	4
3	Bilder	4
4	Bibliograpy	4
	Literatur	4
5	Anhang	4

1 Theoretische Grundlagen

1.1 Doppelbrechung

Doppelbrechung ist eine Eigenschaft von optisch anisotropen Stoffen. In diesen ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit abhängig von Richtung und Polarisation der durchdringenden Welle. Das führt dazu, dass die Welle in zwei Teilstrahlen aufgespalten wird.

1.2 Pockels Effekt

Der Pockels Effekt tritt nur in Kristallen ohne Symmetriezentren auf: Doppelbrechung wird durch Anlegen einer externen Spannung erreicht. Die Begründung dafür ist, dass die Permittitivität ϵ nicht konstant ist, sondern vom angelegten elektrischen Feld abhängig ist. Die Permittitivität ist definiert über $\epsilon = \frac{D}{E}$ wobei D definiert ist wie folgt:

$$D = aE + bE^2 + cE^3 + \dots \quad \text{mit } a, b, c = \text{const} \quad (1)$$

Daraus folgt

$$\epsilon = a + 2bE + 3cE^2 + \dots \quad (2)$$

Der Brechungsindex n ist abhängig von ϵ , sodass eine Änderung des Magnetfeldes eine Änderung im Indexellipsoid hervorruft. Dies ist der elektrooptische Pockels Effekt. Hier ist vor allem der lineare Term von 2 ausschlaggebend.

1.3 Aufbau der Pockels Zelle

Die im Versuch verwendete Pockels Zelle besteht aus 4 Ammoniumdihydrogenphosphat (ADP, $NH_4H_2PO_4$) Kristallen, welche im 45° -Y-Cut vorliegen.

Der Indexellipsoid des Kristalls bis zu ersten Ordnung ist wie folgt:

$$\frac{x_1^2}{n_1^2} + 2r_{41}x_2E_1x_3 + \frac{x_2^2}{n_1^2} + 2r_{41}x_1E_2x_3 + \frac{x_3^2}{n_3^2} + 2r_{63}x_1x_2E_3 = 1 \quad (3)$$

Hierbei ist optische Achse im feldfreien Fall die x_3 Achse. Wenn ein Elektrisches Feld entlang der x_1 Achse angelegt ist, gilt das Folgende:

$$\frac{x_1^2}{n_1^2} + 2R_{41}x_2E_1x_3 + \frac{x_2^2}{n_1^2} + \frac{x_3^2}{n_3^2} = 1 \quad (4)$$

Y-Cut: Koordinatenwechsel durch Drehung con 45° um x_1 Achse:

$$x_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}(x'_2x'_3) \quad x_3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(x'_2x'_3) \quad (5)$$

Nach der Herleitung in der Versuchsanleitung [1] folgt nun für dem Brechungsindex der jeweiligen Polarisationskomponenten bei Lichteinfall der x'_2 (x'_3) Richtung

$$n_{x'_2} = \frac{n_x}{\sqrt{1 + r_{41}E_1n_x^2}} \approx n_x + \frac{1}{2}r_{41}E_1n_x^3 \quad (6)$$

In einem Kristall der Länge l lautet die Phasenverschiebung nun

$$\omega t = \frac{2\pi}{\lambda} (n_1 - n_{x'_2}) \quad (7)$$

Weil die optische Achse und der k-Vektor in einem Winkel von 45° zueinander stehen, trennt sich der eingehende Lichtstrahl in einen ordentlichen und außerordentlichen Strahl, welche durch einen zweiten ADP Kristall, der um 180° zum ersten verdreht ist. So werden die strahlen wieder vereinigt. Ihre Phasenverschiebung aufgrund der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten ist nun

$$\omega t = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2 \cdot (n_1 - n_{x'_2}) \quad (8)$$

Es ist zusätzlich noch die Natürliche Doppelbrechung vorhanden, welche um ein weiteres Kristallpaar mit Winkel 90° verbaut ist. Dass der Pockels Effekt nicht gleichzeitig kompensiert wird, wurde das Elektrische Feld an diesen umgekehrt. Dieser Aufbau mit Strahlengang ist in Abbildung 1 erkennbar. Die resultierende Phasenverschiebung ist somit

$$\omega t = \frac{4\pi}{\lambda} r_{41} E_1 n_x^3 l \quad (9)$$

Bei einer Phasenverschiebung um π und einem Elektrischen Feld von $E = \frac{U}{d}$ gilt somit:

$$r_{41} = \frac{\lambda d}{4lU_{\lambda/2}} \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{n_1^2} + \frac{1}{n_3^2} \right)}^3 \quad (10)$$

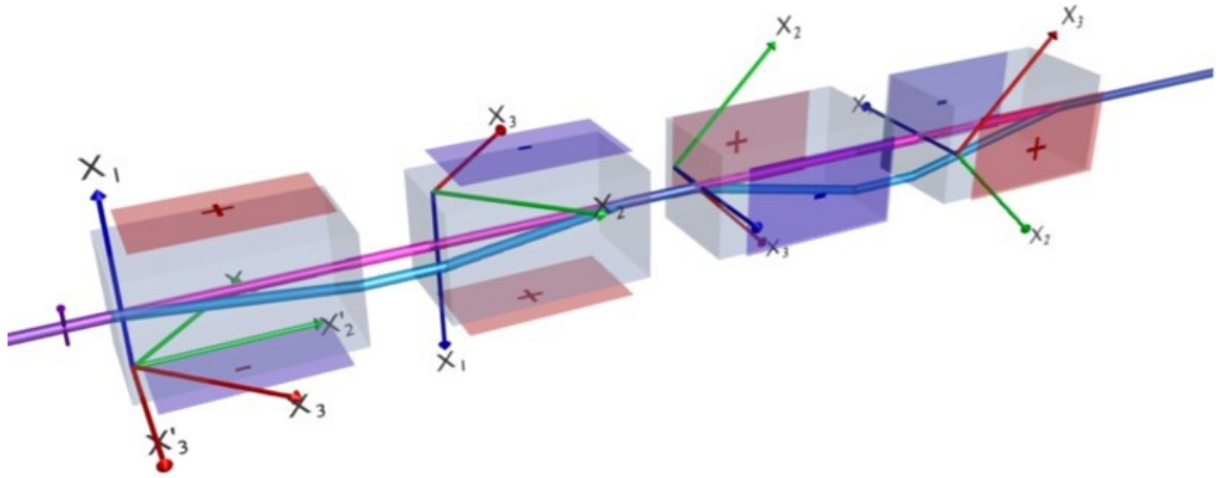


Abbildung 1: Das Bild zeigt den Aufbau der verwendeten Pockels Zelle. Die Elektroden für den Aufbau der elektrischen Felder sowie die Strahlenverläufe sind auch eingezeichnet.

2 Tabellen

Tabellenverzeichnis

3 Bilder

Abbildungsverzeichnis

1	Aufbau der Pockels Zelle	3
---	------------------------------------	---

4 Bibliograby

Literatur

[1] *Versuchsanleitung: Fortgeschrittenen Praktikum Teil 1 Faraday- und Pockelseffekt.*

5 Anhang