

Praktikum Optische Technologien, Protokoll Versuch polarisiertes Licht

Marko Nonhoff, Christoph Hansen, Jannik Ehlert

Ort: Laserlabor der Fachhochschule Aachen Campus Jülich

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	2
2	Geräteliste	2
3	Auswertung	3
4	Fehlerbetrachtung	9

1 Theorie

In diesem Versuch sollen unterschiedliche Arten von polarisiertem Licht untersucht und bestimmt werden.

Um das Gesetz von Malus zu bestätigen, stellen wir im ersten Teil mit dem ersten Polarisator linear polarisiertes Licht her. Dieses betrachten wir mit einer Photodiode durch einen zweiten Polarisator, dessen Filter wir zwischen 0° und 90° variieren.

Anschließend stellen wir eine $\lambda/4$ Platte zwischen die beiden Polarisatoren und stellen damit zirkular polarisiertes Licht her. Indem wir nun den zweiten Polarisator zwischen -90° und 90° variieren, stellen wir fest wie gut unser Licht tatsächlich zirkular polarisiert ist.

Im dritten Versuchsteil verdrehen wir die $\lambda/4$ Platte, sodass wir elliptisch polarisiertes Licht erhalten. Hier tragen wir auch wieder die Intensität über -90° bis 90° auf und leiten daraus ab wie stark elliptisch das Licht polarisiert ist.

Im letzten Versuchsteil messen wir mit Hilfe eines Prismas den Brewsterwinkel und bestimmen damit den Brechungsindex des Prismas. Zudem lassen wir einmal p-polarisiertes und einmal s-polarisiertes Licht unter den Winkeln zwischen 10° bis 80° auf das Prisma fallen und messen die Intensität des reflektierten Anteils. Es geht dabei um einen Vergleich mit dem Ergebnis der Fresnel'schen Formeln.

2 Geräteliste

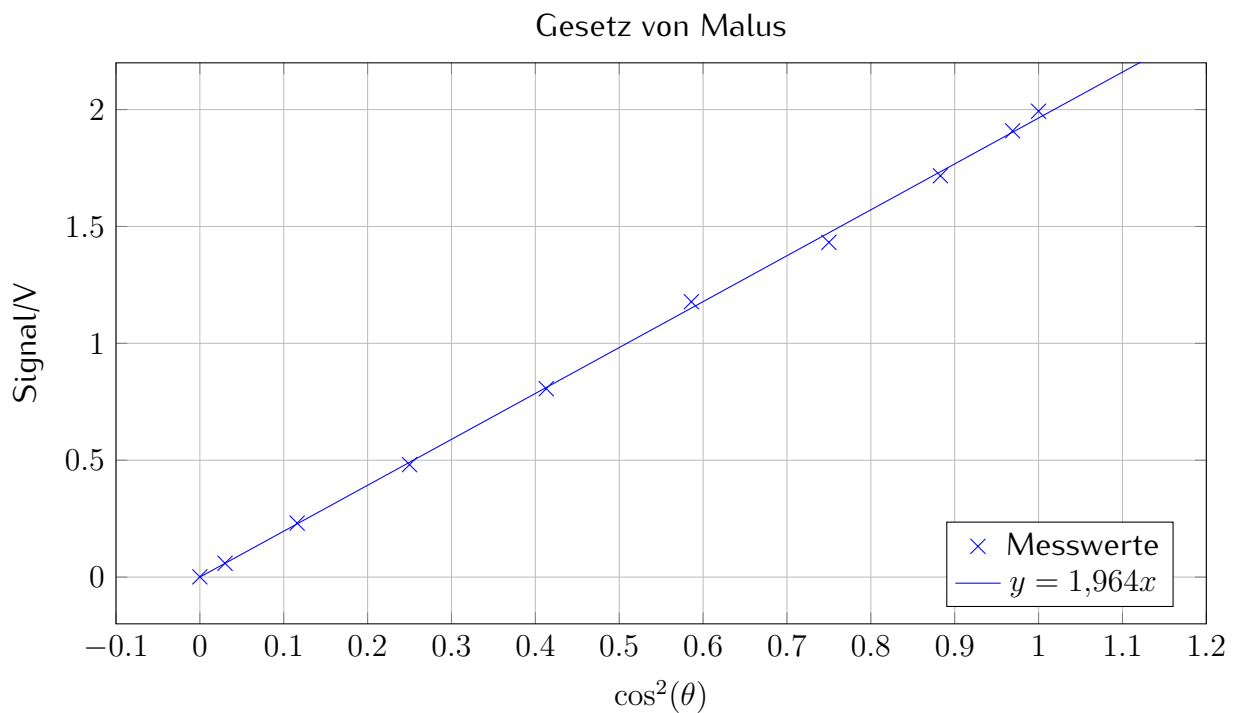
- HeNe Laser
- Photodiode
- 2 Polarisatoren
- Prisma

3 Auswertung

Versuchsteil 1

$\theta/^\circ$	Signal/V	Untergrund/V	bereinigt/V	$\cos^2(\theta)$
0	2,002	0,009	1,993	1
10	1,918	0,009	1,909	0,969
20	1,726	0,009	1,717	0,883
30	1,441	0,009	1,432	0,750
40	1,187	0,009	1,178	0,586
50	0,815	0,009	0,806	0,413
60	0,49	0,009	0,481	0,250
70	0,24	0,009	0,231	0,116
80	0,068	0,009	0,059	0,030
90	0,01	0,009	0,001	0,000

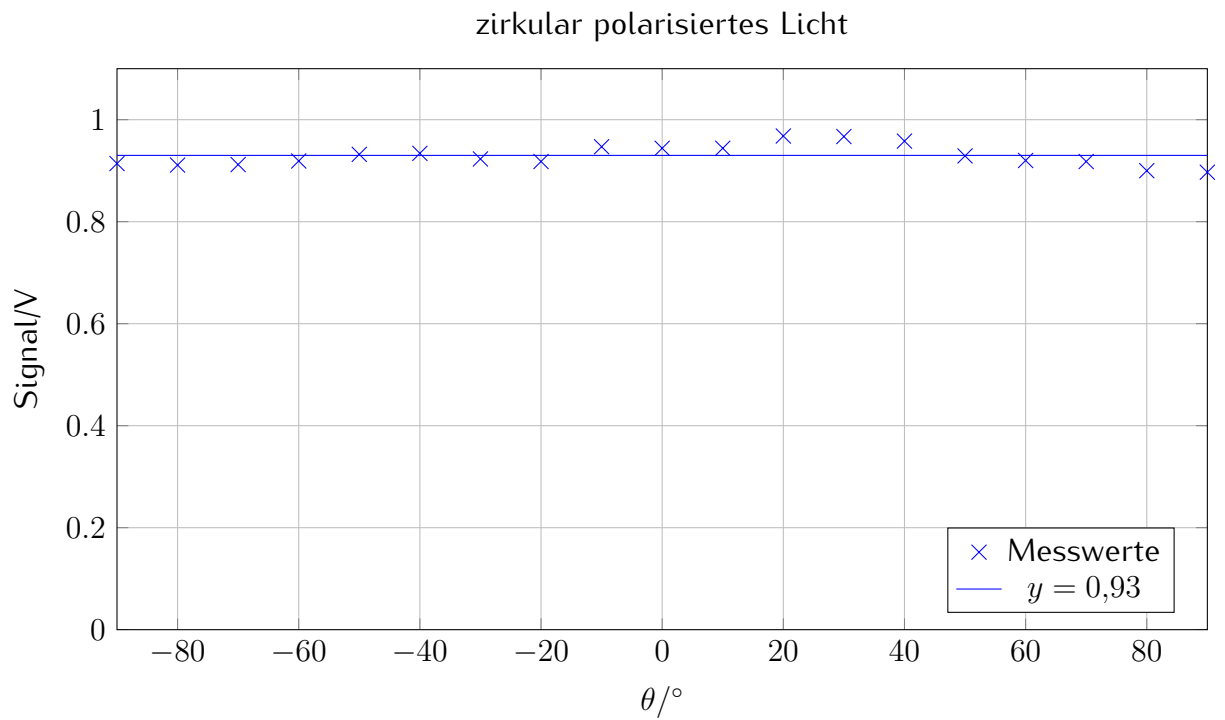
In der obigen Tabelle sind unsere Rohdaten, die zum Erstellen des Diagramms verwendet wurde. Man kann den linearen Zusammenhang auch ohne Diagramm direkt sehen, da die Steigung der Geraden nahe bei 2 liegt.



Wenn wir uns das Diagramm betrachten, stellen wir fest, dass der lineare Zusammenhang sehr gut getroffen wird. Die leichten Schwankungen der Punkte um die Linie führen wir auf die variierende Laserleistung zurück.

Versuchsteil 2

Hier ging es darum möglichst gut zirkular polarisiertes Licht herzustellen. In einem Diagramm haben wir das gemessene Ausgangssignal über den Winkel des zweiten Polarisators aufgetragen. Dabei sollten der Theorie nach alle Punkte auf einer Parallelen zur x-Achse liegen.



Wenn wir die Rohdaten betrachten, stellen wir fest, dass wir eine Schwankungsbreite von $\approx 70 \text{ mV}$ haben.

$\theta/^\circ$	Signal/V	Untergrund/V	bereinigt/V
-90	0,921	0,007	0,914
-80	0,918	0,007	0,911
-70	0,919	0,007	0,912
-60	0,926	0,007	0,919
-50	0,939	0,007	0,932
-40	0,941	0,007	0,934
-30	0,93	0,007	0,923
-20	0,925	0,007	0,918
-10	0,954	0,007	0,947
0	0,951	0,007	0,944
10	0,951	0,007	0,944
20	0,975	0,007	0,968
30	0,974	0,007	0,967
40	0,965	0,007	0,958
50	0,936	0,007	0,929
60	0,927	0,007	0,92
70	0,925	0,007	0,918
80	0,907	0,007	0,9
90	0,904	0,007	0,897

Wir erachten dieses Ergebnis als gut, da die Schwankungsbreite nur $\approx 7\%$ des Signals beträgt. Für noch besser zirkular polarisiertes Licht müsste man noch mehr Zeit in die Kallibration der Apparatur stecken, aber das würde leicht die zeitlichen Grenzen des Praktikums und der Studenten sprengen.

Versuchsteil 3

Wir haben die $\lambda/4$ Platte aus dem zweiten Versuchsteil verdreht um elliptisch polarisiertes Licht zu erhalten. Anschließend haben wir wieder von -90° bis 90° die Intensität gemessen:

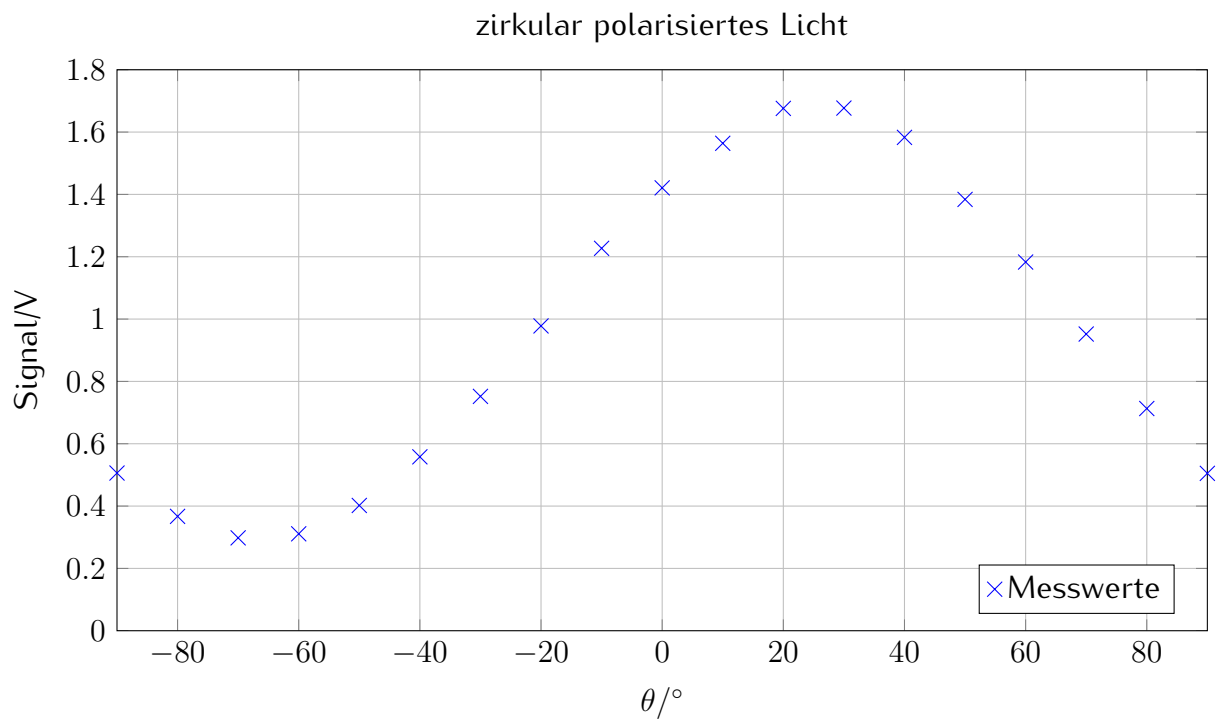
Winkel	Signal	Untergrund	bereinigt
-90	0,513	0,007	0,506
-80	0,374	0,007	0,367
-70	0,305	0,007	0,298
-60	0,318	0,007	0,311
-50	0,409	0,007	0,402
-40	0,565	0,007	0,558
-30	0,759	0,007	0,752
-20	0,985	0,007	0,978
-10	1,234	0,007	1,227
0	1,43	0,009	1,421
10	1,571	0,007	1,564
20	1,685	0,009	1,676
30	1,686	0,009	1,677
40	1,592	0,009	1,583
50	1,393	0,009	1,384
60	1,192	0,009	1,183
70	0,961	0,009	0,952
80	0,722	0,009	0,713
90	0,513	0,008	0,505

Aus den Intensitäten, die wir bei 0° und bei 90° gemessen haben, können wir nun den Winkel ϕ berechnen, der die Ellipsizität quantifiziert.

$$\tan^2(\phi) = \frac{I(0)}{I(90)}$$

$$\Leftrightarrow \phi = \arctan \left(\sqrt{\frac{I(0)}{I(90)}} \right) = \arctan \left(\sqrt{\frac{I(1,421)}{I(0,506)}} \right) = 59,16^\circ$$

Graphisch sieht das ganze dann so aus:

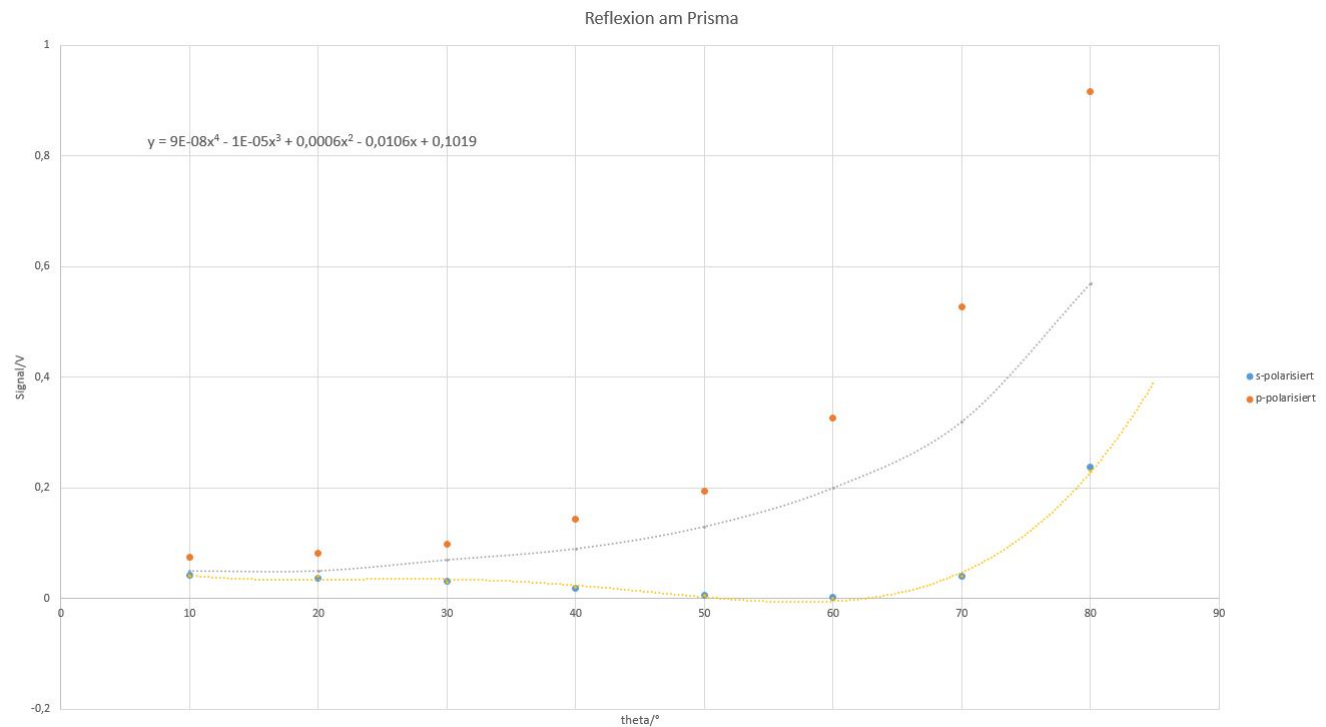


Nun können wir noch das Verhältnis des ordentlichen (E_1) und des außerordentlichen (E_2) Feldvektors berechnen:

$$\begin{aligned}E_1 &= E(t) \cdot \sin(\theta) = E(t) \cdot 0,85 \\E_2 &= E(t) \cdot \cos(\theta) = E(t) \cdot 0,51 \\ \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} &= 1,67\end{aligned}$$

Versuchsteil 4

Wir haben nun mit einem Prisma einmal den s-polarisierten Teil des Lichts und einmal den p-polarisierten Teil des Lichtes betrachtet.



Wir sehen anhand des Graphen für p-polarisiertes Licht, dass der Brewsterwinkel in der Nähe von 60° liegen muss. Bei genauerem messen, stellten wir fest, dass der Brewsterwinkel bei unserem Prisma $57,75^\circ$ ist. Das entspricht einem Brechungsindex von 1,58.

Den Winkel β haben wir nach der Formel in der Anleitung berechnet und kamen dabei auf folgende Werte für die Reflexionsgrade:

α	β	R_S	R_P
10	6,31	0,05	0,04
20	12,5	0,05	0,04
30	18,45	0,07	0,03
40	24,01	0,09	0,02
50	29	0,13	0,005
60	33,24	0,2	0,0008
70	36,48	0,32	0,04
80	38,56	0,57	0,23

Wie wir auf der Graphik sehen passen unsere Messungen des p-polarisierten Lichts sehr gut zum idealen Verlauf. Bei s-polarisiertem Licht passt der gemessene Verlauf auch recht gut zur theoretischen Kurve.

4 Fehlerbetrachtung

Im Versuchsteil 2 ist die einstellbare $\lambda/4$ Platte der Hauptfehlergrund. Man kann diese Konstruktionsbedingt nur auf ca $1 - 2^\circ$ genau einstellen, daher erhalten wir auch keine hundertprozentige Parallelele.

Zudem kennen wir den systematischen Fehler des Transmissionsdetektors und des Anzeigegerätes nicht.