

Universität Bielefeld Fakultät für Physik	TP: Quantenmechanik SS 2026	Prof. Dr. Jürgen Schnack jschnack@uni-bielefeld.de
--	--------------------------------	---

## Aufgabenblatt 3: Abgabe 27.04.2026

### 3.1 Stern-Gerlach-Versuch mit polarisiertem Licht

Wiederholen Sie die aus der Vorlesung bekannte Analogie zwischen den Stern-Gerlach-Experimenten mit Magnetfeldern in  $z$ - und  $x$ -Richtung sowie Polarisatoren in  $x$ - bzw.  $y$ -Richtung sowie in die um  $45^\circ$  geneigten Richtungen  $x'$  und  $y'$ .

Zirkular polarisiertes Licht kann nun als Analogon für den dritten möglichen Stern-Gerlach-Versuch, in  $y$ -Richtung, dienen. Man unterscheidet dabei die beiden Polarisierungen im Uhrzeigersinn (rechts-zirkular) und entgegen dem Uhrzeigersinn (links-zirkular).

- Geben Sie die Formel für die elektrische Feldstärke von zirkular polarisiertem Licht an, welches in  $z$ -Richtung fortschreitet. Stellen Sie das Ergebnis mittels Phasenverschiebung dar und geben Sie ebenfalls an, wie die komplexe Schreibweise lautet. Schauen Sie in einer Literaturquelle Ihrer Wahl oder im Nolting, Band 3, Abschnitt 4.3.3 nach, wie das geht. Erklären Sie die Formeln kurz.
- In der Elektrodynamik lässt man oft komplexe Gleichungen und Größen zu. Was muss man dazu sagen oder wissen?
- Welches Ergebnis erhält man, wenn das Licht in einem horizontalen Polarisator polarisiert wird ( $x$ -Richtung) und anschließend einen Filter für links-zirkular polarisiertes Licht durchläuft? Welches Ergebnis würde man bei einem Filter für rechts-zirkular polarisiertes Licht erhalten? Begründen Sie.
- Stellen Sie sich jetzt vor, das Licht durchläuft zuerst einen horizontalen Polarisator ( $x$ -Richtung), sodann einen Polarisator für rechts-zirkular polarisiertes Licht und wird dann zum einen mit einem vertikalen Filter ( $y$ -Richtung) zum anderen mit einem horizontalen Filter ( $x$ -Richtung) analysiert. Erklären Sie die Ergebnisse.

### 3.2 Eigenwerte und Eigenvektoren

In der Quantenmechanik müssen oft Matrizen zur Bestimmung von Eigenwerten und Eigenvektoren diagonalisiert werden. Berechnen Sie die Eigenwerte und Eigenvektoren der Matrix

$$A = \begin{pmatrix} 1.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.5 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0.5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & -0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.5 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -0.5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.5 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Diese Matrix kann numerisch diagonalisiert werden. Dazu sollten Sie Werkzeuge parat haben. Sie können z.B. Mathematica, Maple oder matlab verwenden oder das Problem in einer Programmiersprache wie python lösen. Für Mathematica können Sie bei der Fachschaft einen Aktivierungsschlüssel bekommen. Holen Sie sich doch einfach einen und lernen Sie das Programm kennen. Die eingebauten Tutorien und Beispiele sind ziemlich gut.

Sie können aber genauso gut ein python-Programm in einem jupyter-Notebook schreiben oder ein richtig gutes FORTRAN-Programm. Stellen Sie Ihr Programm in der Übung vor.

An der Struktur der Matrix (1) kann man erkennen, dass sich die Diagonalisierung vereinfachen lässt. Können Sie sich vorstellen wie? Begründen Sie Ihre Idee.

Bei einem Diagonalisierungsprogramm ist es wichtig, zu wissen, wie die Eigenvektoren abgespeichert werden. Untersuchen Sie deshalb die Matrix der Eigenvektoren. Wie sind diese abgespeichert (Zeile oder Spalte)? Überprüfen Sie, ob die Matrix unitär ist und rekonstruieren Sie die ursprüngliche Matrix (1) aus den Eigenwerten und der unitären Matrix der Eigenvektoren.