

Akustisches Analogon zur Quantenmechanik: Atomorbitale

Versuch 1: Simulation von Atomorbitalen mit Hilfe eines sphärischen Resonators.

In diesem Versuch sollen Orbitale, wie sie aus dem Wasserstoffatom bekannt sind, mit akustischen Wellen dargestellt werden.

Die Schrödingergleichung für das Wasserstoffatom lautet:

$$E\psi(\vec{r}) = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\psi(\vec{r}) - \frac{e^2}{r}\psi(\vec{r})$$

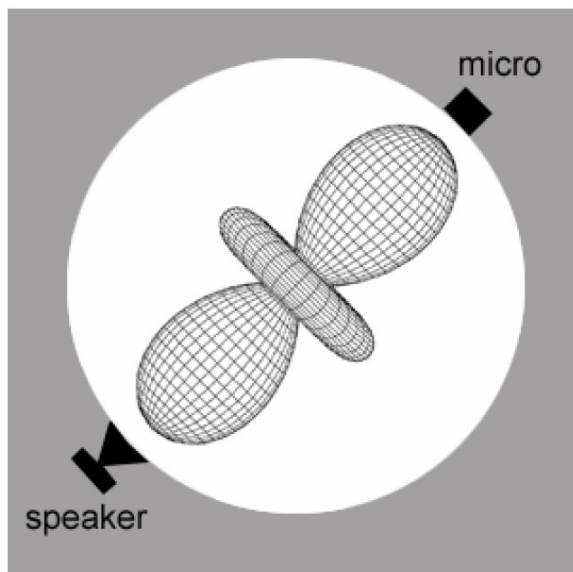
Wie aus der Quantenmechanik bekannt ist, wird zur Lösung dieser Gleichung (in Kugelkoordinaten) ein Separationsansatz verwendet. Damit erhält man eine Differentialgleichung für den winkelabhängigen und eine für den radialen Anteil. Die Lösungen für den winkelabhängigen Teil sind die Kugelflächenfunktionen.

Für den Fall eines sphärischen akustischen Resonators kann man folgende Differentialgleichung, die als zeitunabhängige Helmholtzgleichung bekannt ist, herleiten:

$$\omega^2 p(\vec{r}) = -\frac{1}{\rho\kappa}\Delta p(\vec{r})$$

Transformiert man diese Gleichung in Kugelkoordinaten, kann man auch hier einen Separationsansatz machen. Dabei stellt man fest, dass die Form der Differentialgleichung für den winkelabhängigen Teil der für das Wasserstoffatom gleicht. Dies gilt nicht für den radialen Teil.

Da die Differentialgleichung (für den sphärischen Anteil) für die Wellenfunktion des Elektrons dieselbe Form hat wie die für akustische Wellen, sind auch die Lösungen wie beim Wasserstoffatom Kugelflächenfunktionen. Daher ist es möglich, mit akustischen Wellen in einem geeigneten Aufbau diese zu erzeugen und zu messen.



Der Aufbau besteht aus zwei Hemisphären, die zu einer geschlossenen Hohlkugel zusammengesteckt werden. In der einen Hemisphäre befindet sich ein Lautsprecher, in der anderen ein Mikrofon. Diese sind so angeordnet, dass verschiedenen Winkel zwischen dem Mikrofon und dem Lautsprecher eingestellt werden können. Die Ansteuerung des

Lautsprechers kann dabei wahlweise mit einem Frequenzgenerator oder der Soundkarte eines Computers erfolgen. Ebenso kann das Signal des Mikrophons mit einem Oszilloskop oder dem Computer gemessen werden.

Der Versuch gliedert sich in drei Teile:

1. Teil: Alle möglichen Resonanzen im Bereich 0-10kHz sollen bestimmt werden. Für die einzelnen Resonanzen soll die Amplitude winkelabhängig gemessen werden. Anhand dieser Messungen kann man die zugehörigen Quantenzahlen bestimmen.
2. Teil: Durch die Brechung der Symmetrie soll die Entartung der Zustände aufgehoben werden. Dies geschieht, indem der sphärische Resonanzkörper durch Einfügung einer Erweiterung in eine Richtung ein wenig gedehnt wird.
3. Teil: Durch eine zusätzliche Erweiterung des Aufbaus um zwei weitere Hemisphären wird die Situation im Wasserstoffmolekül simuliert. Dabei soll die Entstehung bindender und antibindender Zustände untersucht werden.

Ansprechpartner: Sara Wanjelic (sara.wanjelic@uni-duesseldorf.de)

Termin: nach Absprache

Literatur: beim Betreuer