

1. Zur Interpretation der Quantenmechanik: lobat eine neue Diskussion?

1.1 Ansätze zum Messprozess

1.1.1 Kopenhagener Interpretation

- Die Messung unterbricht die unitäre Zeitentwicklung der Quantenmechanik
 → Zustandsreduktion, Projektionspostulat

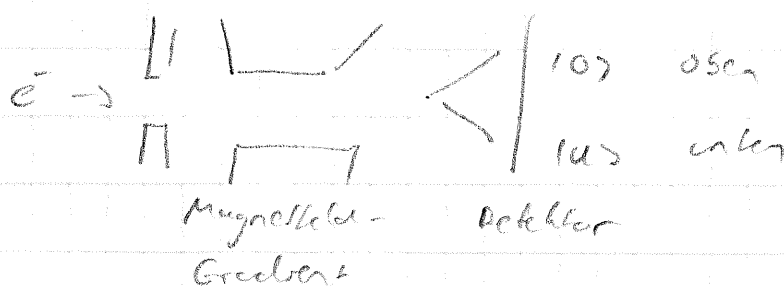
Nach der Messung ist das quantenmechanische System in exakt dem gemessenen Zustand.

→ Notwendig um zu unserer makroskopischen Empfindung zu kommen. Diese unterscheidet sich fundamental von der Quantenmechanik, daher muss ein eigenes Postulat eingeführt werden.

Mögliche Beschreibung:

Durch eine unitäre Zeitentwicklung wird ein quantenmechanischer Zustand mit einer makroskopischen Eigenschaft verknüpft.

Bsp.: Stern-Gerlach-Apparat



Das e^- ist am Anfang im Zustand

$$|1\rangle = c_1 |1\rangle + c_2 |0\rangle$$

→ Das Magnetfeld erzeugt die Verschränkung

$$|1\rangle = c_1 |1\rangle |u\rangle + c_2 |0\rangle |o\rangle$$

Die Einstellungen $|u\rangle$ und $|o\rangle$ sind für uns als makroskopische Eigenschaft eindeutig, wir messen eindeutig $|u\rangle$ oder $|o\rangle$. Es bleibt also nur, zu fordern, dass entweder

$$|1\rangle = |1\rangle |u\rangle$$

oder

$$|1\rangle = |0\rangle |o\rangle$$

ist.

• Für viele Messungen erhalten wir:

$$\begin{aligned} \text{Sp}_e(S) &= \langle 0|u\rangle \langle u|0\rangle + \langle u|u\rangle \langle u|u\rangle \\ &= |c_1|^2 |1\rangle \langle 1| + |c_2|^2 |0\rangle \langle 0| \end{aligned}$$

→ nicht wie eine ordentliche klassische Verteilung!

• Aber? Interpretationsproblem: Was passiert bei der Zustandsreduktion? Ist das zusätzliche Postulat notwendig? Wie funktioniert der Übergang zum klassischen Verhalten?

1.1.2 Ansatz von Everett

- Wesentlicher Unterschied: Es passiert nie eine Zustandsreduktion. Es gibt keine Unterscheidung zwischen einer makroskopischen Welt der Beobachter und einer mikroskopischen der Quantenmechanik.
- Alles ist Teil der unitären Zeitentwicklung und der Phänomene der Quantenmechanik, auch der Beobachter ist keine Ausnahme.
- Es gilt also zu jedem Zeitpunkt:

$$|A\rangle = c_1 |A\rangle |U\rangle + c_2 |A\rangle |D\rangle$$

- Wir Beobachter sind also auch in einem verschränkten Zustand. Ein Teil von uns ist in $|U\rangle$ und der besten Überzeugung, nur $|U\rangle$ existiert und damit $|A\rangle$, ein Teil ist in $|D\rangle$ und sieht damit eindeutig $|A\rangle$.
- Spätere Wortwahl: Viele-Welten-Interpretation

1.2 Begriffe

- GHZ - Zustand: Greenberger - Horne - Zeilinger - Zustand.
 - Beobachters nicht-klassische Zustände. Für $n \geq 3$ verschränkte Systeme haben sie die Form

$$|0\rangle^{\otimes n} + |1\rangle^{\otimes n} + |2\rangle^{\otimes n} + \dots$$

also z.B. für $n=3$ in einem zwei-Zustands-System

$$100100100 + 110110110$$

→ Erweiterung der Bell-Zustände für zwei verschränkte Systeme (maximal verschränkte Zustände).

- relative State formalism = Everett-Interpretation
= Viel-Welten-Theorie