

# Unbestimmtheit, Realität und Messung

## Ziel

Sie können die Begriffe „Unbestimmtheit“, „Realität“ und „Messung“ anwenden und Situationen damit analysieren.

---

## 1. Unbestimmtheit, Realität und Messung

- a) Beschreiben Sie, anhand welcher Messergebnisse man sehen kann, dass der Ort des Quantenobjekts zwischendurch unbestimmt ist,
  - i) beim Doppelspalt-Experiment,
  - ii) beim Interferometer-Experiment.
- b) Erläutern Sie, wie mit Detektoren an geeigneten Stellen „Realität“ bezüglich des Ortes geschaffen werden kann,
  - i) beim Doppelspalt-Experiment,
  - ii) beim Interferometer-Experiment.
- c) „Ist der Mond auch da, wenn man nicht hinsieht?“ so lautet eine berühmte Frage. Was meinen Sie? Begründe, wie man aufgrund der Quantenphysik zu dieser Aussage kommen könnte und argumentieren Sie für „ja“ oder für „nein“.

# Unbestimmtheit, Realität und Messung

## Lösungen

### Aufgabe 1:

- a) i) Es ist unbestimmt, durch welchen Spalt das Quantenobjekt geht. Würde das Quantenobjekt jeweils genau durch einen Spalt gehen, dann müsste man die Summenverteilung bekommen und nicht das Interferenzmuster.  
ii) Es ist unbestimmt, ob das Quantenobjekt am ersten Strahlteiler reflektiert oder durchgelassen wird. Andernfalls würde man auch hier kein Interferenzmuster beobachten können.
- b) i) Wenn man an jedem Spalt eine Ortsmessung macht, erhält man ein eindeutiges Messergebnis. Das Quantenobjekt, das vor der Messung in einem unbestimmten Ortszustand war, ist nach der Messung „real“ am Ort von einem der beiden Detektoren. Man kann sagen, durch die Messung wurde „ein Stück Realität“ geschaffen.  
ii) Analog kann man im Interferometer in beiden Armen einen Detektor aufstellen, auch dieser erzeugt einen bestimmten Ort für das Quantenobjekt.
- c) Wenn man an dem Quantenobjekt in unseren beiden Beispielen nicht beobachtet, d.h. an ihnen keine Messung vornimmt, dann kann man tatsächlich nicht sagen, ob sie hier oder dort sind. Ihr Ort ist unbestimmt. Insofern könnte man diesen Gedanken durchaus auf den Mond übertragen. Sie glauben aber wahrscheinlich nicht ernsthaft, dass der Mond ohne eine beobachtende Person seine Bahn nicht weiterzieht. Der Mond ist ein so großes Objekt, dass er ständig Wechselwirkungen ausgesetzt ist: Licht das von ihm gestreut wird; das Magnetfeld des Mondes beeinflusst seine Umgebung usw. Da stellt sich natürlich die Frage: Ist die Streuung von Licht am Mond bereits eine Ortsmessung? Oder muss das Licht dazu erst in einen Detektor oder ein Auge fallen? Ist vielleicht sogar ein Bewusstsein nötig, damit der Ort des Mondes zum Fakt wird? Diese Fragen sind noch nicht geklärt. Es gibt verschiedene Lösungsansätze. Einer davon geht so: Wenn die Messanordnung nur komplex genug ist (makroskopisches Messgerät oder gar Beobachter) dann bricht die Unbestimmtheit von alleine zusammen. Ein anderer Ansatz ist die Viele-Welten-Theorie.