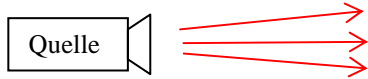


# Kann man zwei Größen in der Quantenmechanik gleichzeitig messen?

Die Interpretation der Heisenbergschen Unschärferelation, dass man Ort und Impuls nicht gleichzeitig messen kann, trifft den Kern der Aussage nicht ganz.

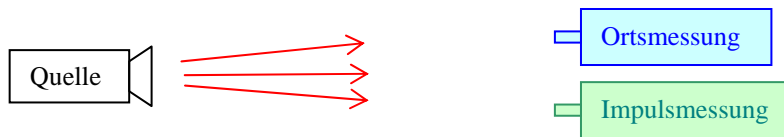
- Was passiert, wenn ich Ort  $\Delta x$  und Impuls  $\Delta p_x$  gleichzeitig messe?

## 1. Präparation eines Ensembles von Quantenobjekten:

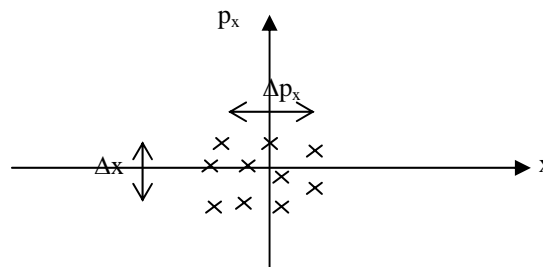


Die Elektronen dieses Ensembles sind alle gleich präpariert.

## 2. Gleichzeitige Messung an einem Ensemble von $x$ und $p$ :



Am Ende der Messung zeigt jedes der beiden Messgeräte einen bestimmten Wert an. Damit sind Ort und Impuls gleichzeitig gemessen worden. Das Quantenobjekt kann aber vor der Messung unmöglich sowohl eine Orts- als auch eine Impulseigenschaft besessen haben. Aufschluss über die statistische Verteilung der gemessenen Werte erhält man, indem man die einzelnen Wertepaare in eine zweidimensionale  $x$ - $p$ -Ebene einträgt.



Durch Projektion auf die beiden Achsen erhält man die Mittelwerte  $\bar{x}$  und  $\bar{p}_x$  sowie die daraus bestimmten Standardabweichungen  $\Delta x$  und  $\Delta p_x$ . Es ergibt sich folgende Gleichung:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$$

➔ Der Vergleich mit der Heisenbergschen Ungleichung zeigt, dass sich die minimale Unbestimmtheit verdoppelt hat.

### Interpretation:

Die eine Hälfte der Unbestimmtheit stammt aus der Unbestimmtheit, die dem quantenmechanischen Zustand des gemessenen Objekts eigen ist und die durch die Heisenbergsche Relation beschrieben wird. Die andere Hälfte wird durch die Wechselwirkung der beiden Detektoren mit dem Quantenobjekt verursacht, sie repräsentiert also den Einfluss der Messgeräte.

Damit ist gezeigt, dass dieses Beispiel nicht zur Erklärung herangezogen werden sollte, sondern dass dieser Effekt als ein zusätzlicher Beitrag hinzutritt.

In letzter Zeit wurde das Interesse an der gleichzeitigen Messung konjugierter Variablen (z.B. Ort und Impuls) dadurch verstärkt, dass es in der Quantenmechanik gelungen ist, solche Messungen experimentell zu realisieren.