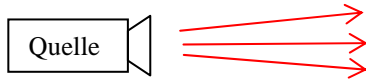


# Kann man $\Delta x$ und $\Delta p_x$ als Messungenauigkeiten interpretieren?

Durch die Heisenbergsche Unschärferelation ist eine unterste Schranke für Messungen gefunden worden. Oft werden  $\Delta x$  und  $\Delta p_x$  als Messungenauigkeiten interpretiert. Dass dies **nicht richtig** ist, zeigt die folgende Überlegung:

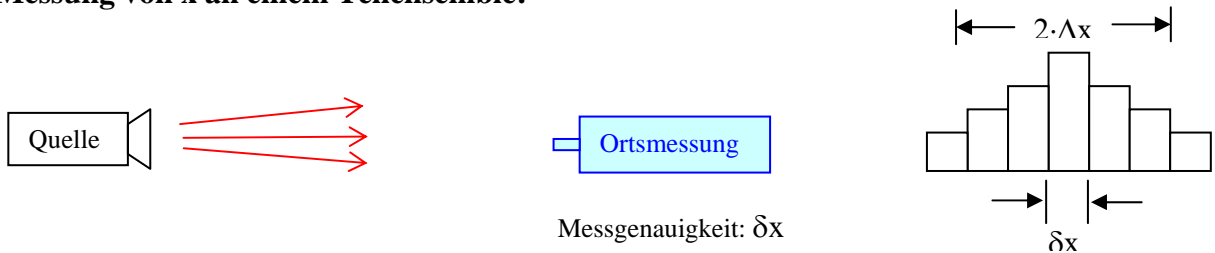
- **Wie misst man  $\Delta x$  und  $\Delta p_x$ ?**

- 1. Präparation eines Ensembles von Quantenobjekten:**



Die Elektronen dieses Ensembles sind alle gleich präpariert. An einem Teil der Elektronen (Teilensemble) werden Ortsmessungen vorgenommen, an einem anderen Teil Impulsmessungen.

- 2. Messung von  $x$  an einem Teilensemble:**

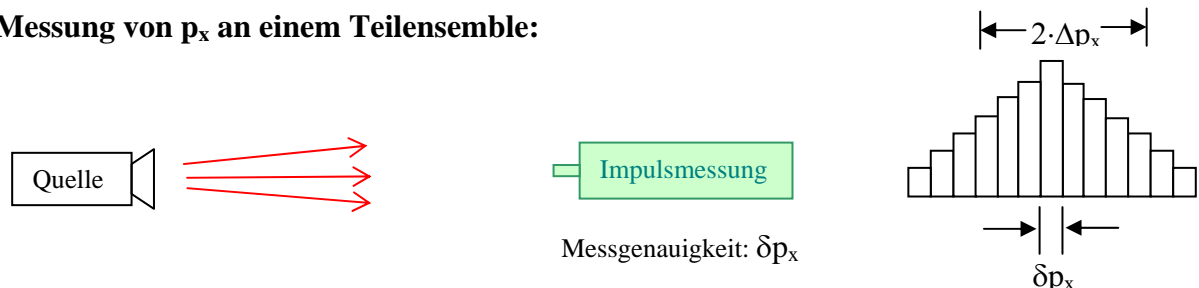


Die Messung an den Elektronen liefert eine Verteilung von Ortsmesswerten. Trägt man diese in ein Histogramm, ergibt sich ein Diagramm z.B. folgender Form:

Anhand des Histogramms lässt sich die Standardabweichung  $\Delta x$  berechnen.

Völlig unabhängig davon macht man eine Messung mit anderen gleich präparierten Elektronen desselben Ensembles.

- 3. Messung von  $p_x$  an einem Teilensemble:**



Wiederum kann man die Impulsmesswerte in ein Histogramm (siehe obige Skizze) eintragen. Aus den gegebenen Werten lässt sich die Standardabweichung  $\Delta p_x$  berechnen.

➡ **Es handelt sich um unabhängige Messungen.**

Die Unschärferelation beinhaltet die minimale Abschätzung für die **unabhängigen Messungen** von Ort und Impuls.

- Die Standardabweichungen sind keine Messungenauigkeiten bzw. –fehler, sondern **exakte Angaben**. Die Messungenauigkeit beschreibt  $\delta p_x$ . Die Standardabweichung  $\Delta x$  und die Messungenauigkeit  $\delta x$  beeinflussen sich nicht gegenseitig.

An einem gleich präparierten Ensemble werden Orts- und Impulsmessungen durchgeführt. Aus den Diagrammen erkennt man, dass die Messungenauigkeit **wesentlich kleiner** ist als die Standardabweichung. Die Messungenauigkeit  $\delta x$  muss sehr viel kleiner als  $\Delta x$  sein, sonst könnte man die Verteilung nicht genau genug bestimmen.