

Die Heisenbergsche Unschärferelation

Durch Messungen werden die Messobjekte beeinflusst.

Bestimmt man die Geschwindigkeit eines Autos mit Radar oder einer Lichtschranke, so kann sicherlich davon ausgegangen werden, dass der Einfluss der Lichtschranke zu vernachlässigen ist.

Bei der Bestimmung des elektrischen Widerstandes muss man die Widerstände von Ampere- und Voltmeter schon berücksichtigen (stromrichtiges Messen, spannungsrichtiges Messen)

Wir wollen nun den Aufenthaltsort eines Elektrons exakt bestimmen. Dazu bauen wir uns ein Supermikroskop, das mit Röntgenlicht arbeitet. Wenn jetzt ein Röntgenquant mit einem Elektron zusammenstößt, ändert das Elektron seine Richtung, gelangt also nicht mehr in das Mikroskop und das Elektron wäre als dunkler Punkt zu erkennen.

Wie genau wird die Lage des Elektrons bestimmt? Wir wissen, dass man mit einem Mikroskop Objekte von der Größenordnung der verwendeten Wellenlänge voneinander trennen kann. Also erhalten wir für die x-Koordinate des Ortes des Elektrons die Ungenauigkeit (Unschärfe)

$$\Delta x \approx \lambda$$

Durch den Zusammenstoß ändert das Elektron seine Geschwindigkeit, es bekommt einen Impuls übertragen. Vereinfacht nehmen wir an, dass der ganze Impuls in x-Richtung übertragen wird. Damit erhalten wir für den Impuls eine Unschärfe von

$$\Delta p_x \approx \frac{h}{\lambda}$$

Für das Produkt gilt dann

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx h$$

Heisenbergsche Unschärferelation

Ortskoordinaten und zugehörige Impulse können für Mikroobjekte gleichzeitig nicht beliebig genau gemessen werden. Es gilt $\Delta x \cdot \Delta p_x \approx h$.

In der Makrophysik kann man den Bewegungsablauf bei bekannten Anfangsbedingungen vollständig vorausberechnen. Vorgänge in der Mikrophysik lassen sich nicht in dieser Weise erfassen, da es keine genauen Anfangsbedingungen gibt.

Das ist ein weiterer Nachweis für das statistische Verhalten von Mikroobjekten.