

Mit dem Quant durch die Wand

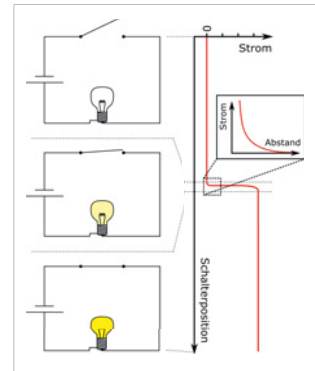
Tunneleffekt und Rastertunnelmikroskopie

Licht an: Der Tunneleffekt

Lichtschalter sind geschlossen oder offen, das Licht entweder an oder aus. Was aber passiert in dem Moment, wenn der Schalter geschlossen wird?

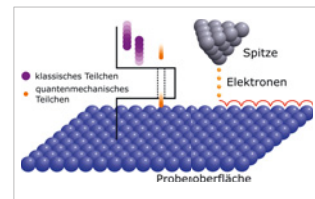
Schon kurz bevor sich beide Kontakte berühren, fließt ein sehr kleiner Strom. Zwar stellt der Abstand zwischen den Kontakten für die Elektronen eine Barriere dar. Doch die können sie überwinden – indem sie „tunneln“.

Wird der Abstand weiter verkleinert, steigt dieser Tunnelstrom sehr schnell an. Umgekehrt können wir von der Stärke des Tunnelstroms auf den Abstand schließen. Nach diesem Prinzip arbeitet das Rastertunnelmikroskop, wobei der eine Kontakt – die Probe – mit dem anderen – einer feinen Spitze – „abgetastet“ wird.



↑ Links: Elektronische Schaltkreise mit Schalter/Glühlampe; Rechts: Abhängigkeit des Stroms vom Abstand des Schalters. Kurz vor dem Schließen des Schalters verläuft die Abhängigkeit exponentiell.

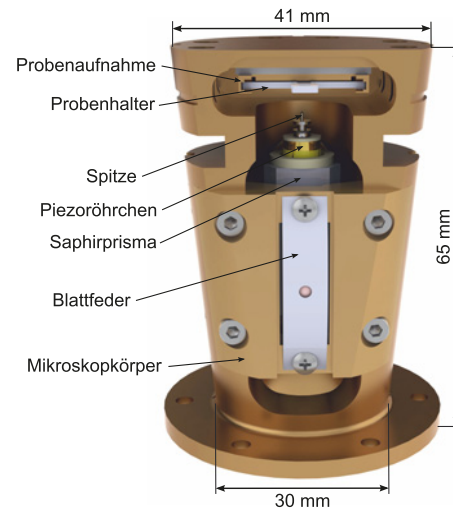
↓ Eine atomar feine Spitze tastet mithilfe des Tunnelstroms Oberflächenatome ab. Schematisch ist das Tunneln von quantenmechanischen Teilchen im Vergleich zum Verhalten von klassischen Teilchen gezeigt.



Auf Stabilität kommt es an

Beim Rastertunnelmikroskop ist es entscheidend, dass der Abstand zwischen Probe und Spitze sehr stabil ist. Darum wird das Mikroskop aus harten Materialien sehr klein und kompakt gebaut. Um die Spitze ganz genau positionieren zu können, nutzen wir sogenannte Piezoelemente.

Sie bestehen aus einem speziellen Material, beispielsweise Quarz, das sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung verformt. Diese Formänderungen sind winzig und mithilfe der Spannung genau einstellbar – so kann die Spitze in alle Raumrichtungen bewegt werden.



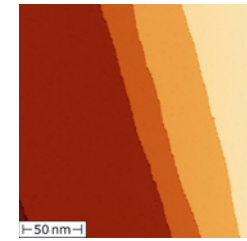
↑ Konstruktionszeichnung eines STMs aus unserem Institut: Das gold-gelbe Piezoröhrchen ist stabil im Saphirprisma eingefasst. Eine metallische Blattfeder fixiert beides im Mikroskopkörper.

Ein Blick auf Atome

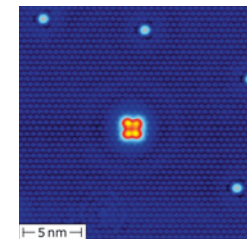
Mit dem Rastertunnelmikroskop können wir elektrisch leitende Oberflächen und deren elektronische und magnetische Eigenschaften erforschen.

Bei einer typischen Messung ist eine gestufte Oberfläche zu sehen. An den Stufenkanten ändert sich die Dicke des Kristalls um genau eine Atomlage. Die Höhenabstufungen werden durch verschiedene Helligkeiten dargestellt.

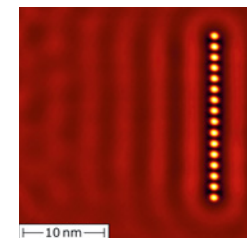
Bei noch genauem Hinsehen lassen sich regelmäßig angeordnete Erhebungen erkennen. Das sind die Atome im Kristallgitter. Wir können sogar Atome mit der Spitze hin- und herschieben und so selbst Strukturen bauen.



→ Rastertunnelmikroskop-Scan von Stufenkanten auf einer Metalloberfläche, hier Wolfram.



→ Atomare Auflösung von Bismut-Atomen auf einer Silberoberfläche. In der Mitte ist ein organisches Molekül (Phthalocyanin) zu sehen.



→ Die Elektronen auf der Oberfläche werden an einer Kette aus Silberatomen reflektiert. Dabei wird der Wellencharakter der Elektronen sichtbar.

B3



HIGHLIGHTS
DER
PHYSIK

