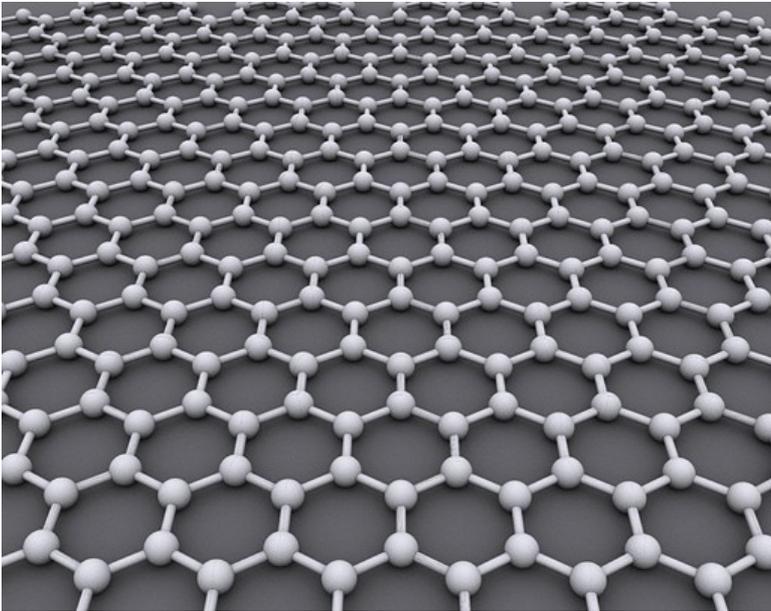


# Wahrscheinlichkeiten in der Quantenmechanik oder Wie funktioniert ein Rastertunnelmikroskop?

Nobelpreis für Physik 2010: **Graphene**



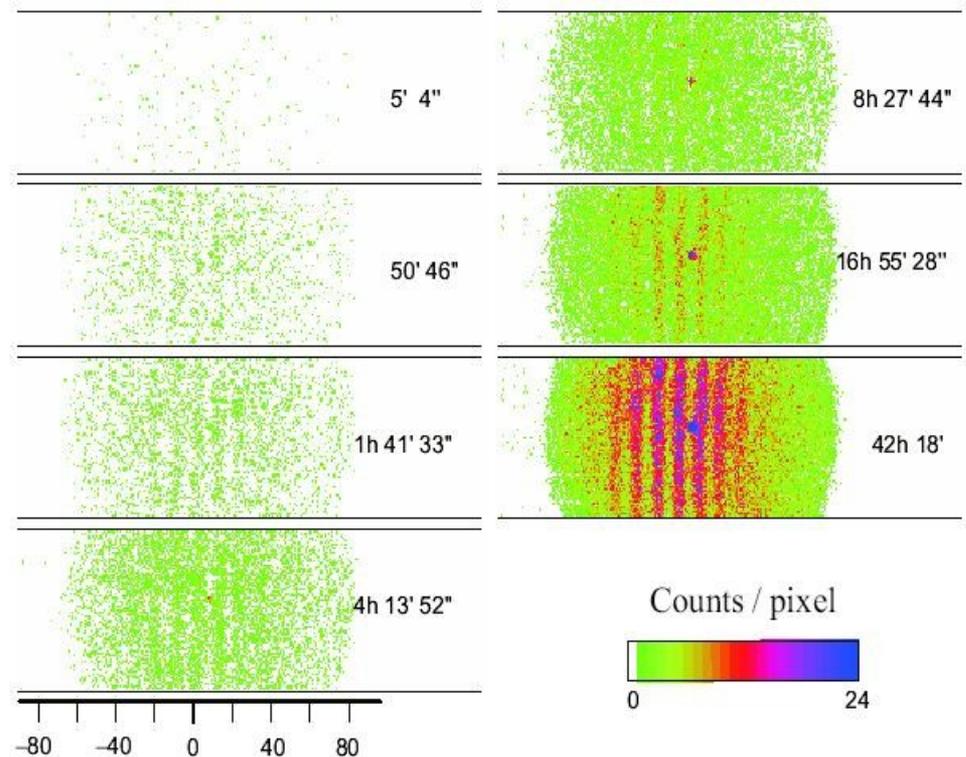
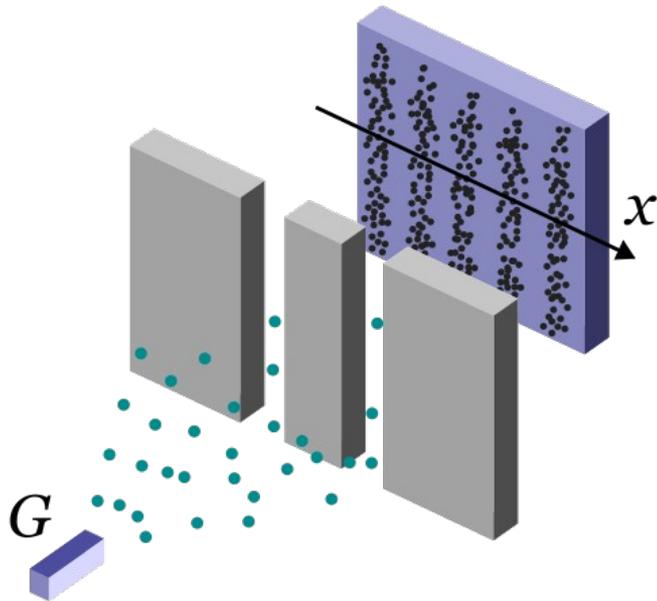
Andre Geim  
Konstantin Novoselov



Wie kann man die atomare  
Struktur sichtbar machen?

Wie kann man sicher sein, dass die  
Struktur perfekt ist?

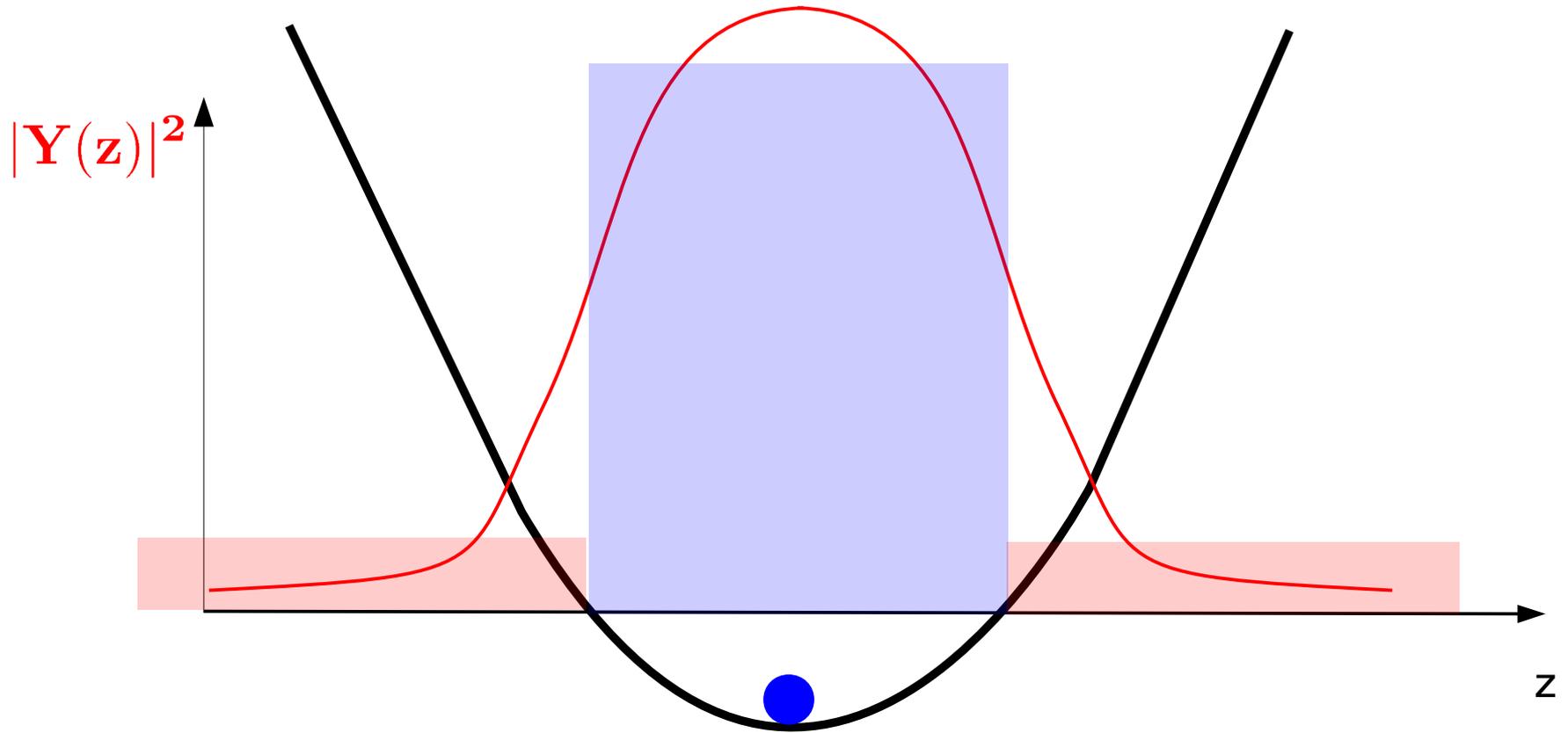
# Elektronen haben Teilchen- und Wellencharakter



Quelle: de.wikipedia.org  
Autor: Koantum

J. Mlynek et al. 1991

# Elektron im Topf



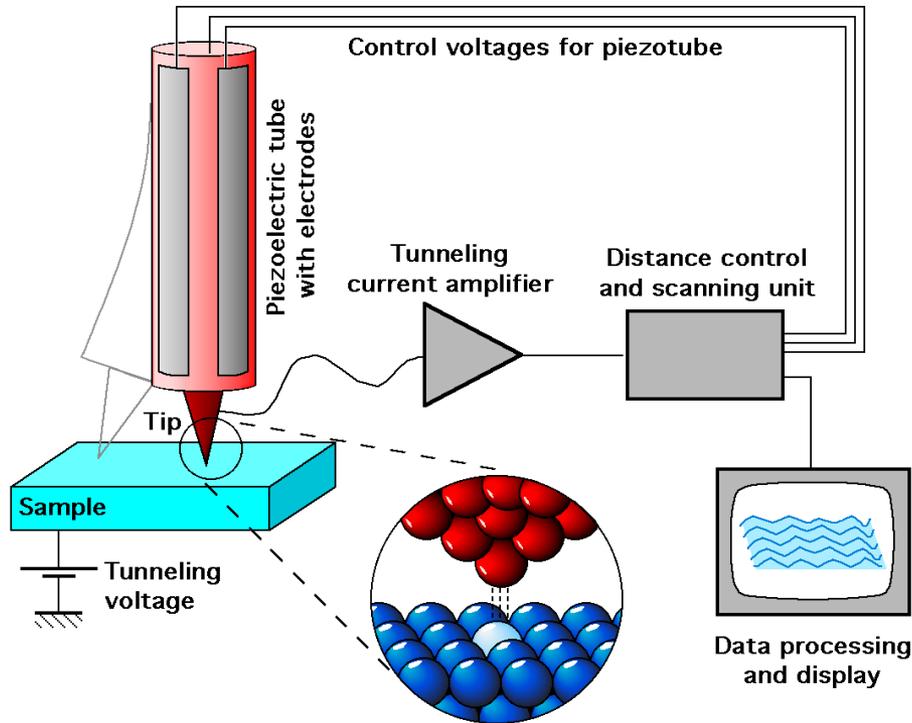
quantenmechanisches  
Tunneln

klassisch  
erlaubt

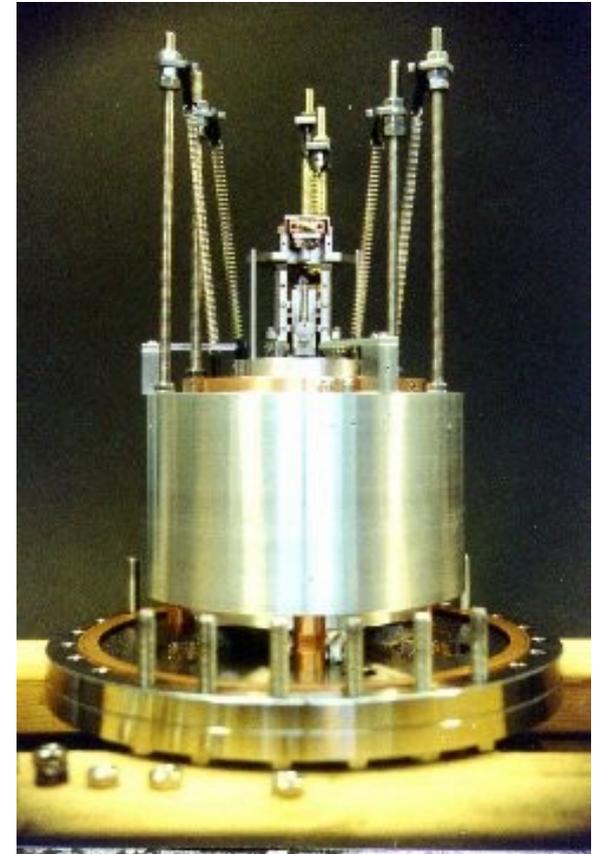
quantenmechanisches  
Tunneln

# Funktionsweise des Rastertunnelmikroskops

# Funktionsweise des Rastertunnelmikroskops



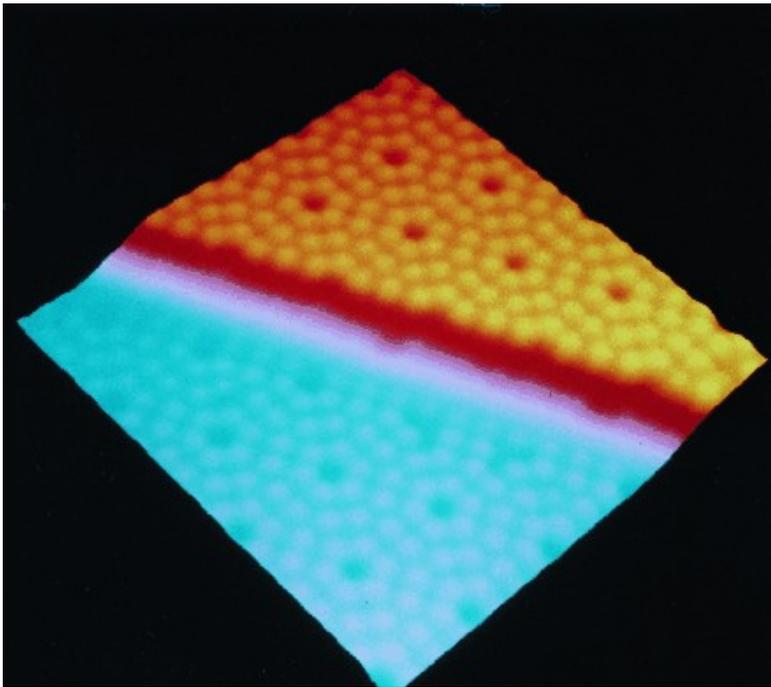
(Michael Schmid, TU Wien)



([www.uni-kiel.de](http://www.uni-kiel.de))

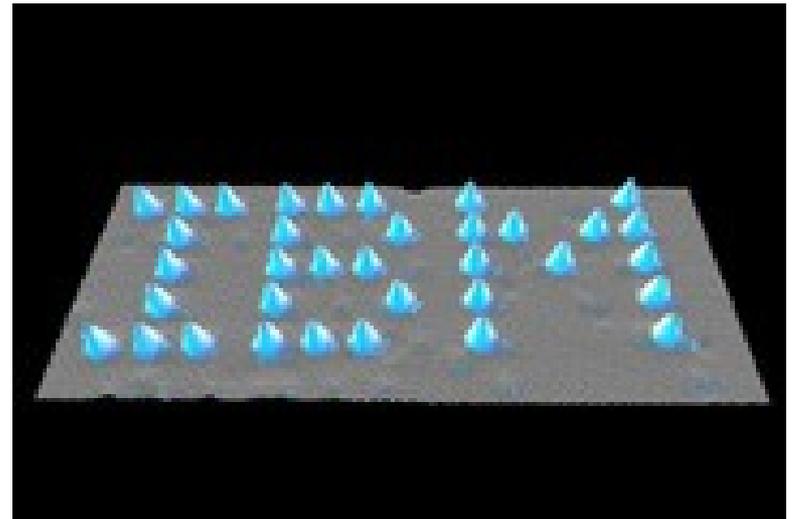
# Strukturen auf Oberflächen

Atomare Stufenkante auf Si



(R. Wiesendanger et al., 1997)

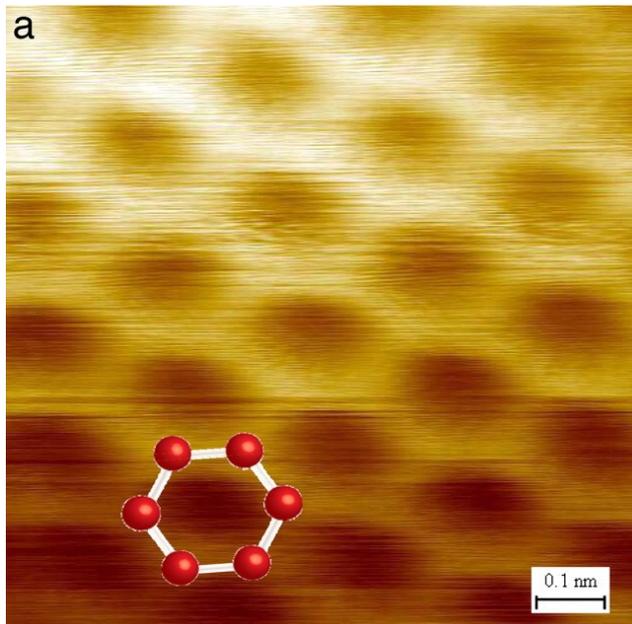
Atomares Graffiti (Xe auf Ni)



(D. Eigler et al., [www.ibm.com](http://www.ibm.com))

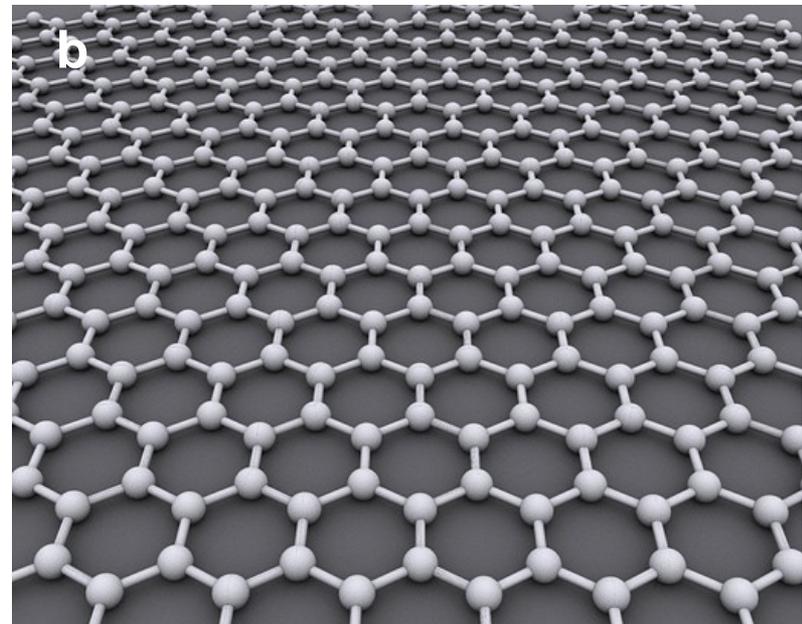
# Strukturen auf Oberflächen: Graphen

Atomare Auflösung



(Proceedings Nat. Acad. Science  
DOI 10.1073/pnas.0703337104)

Gitterstruktur



(Alexander Alus)

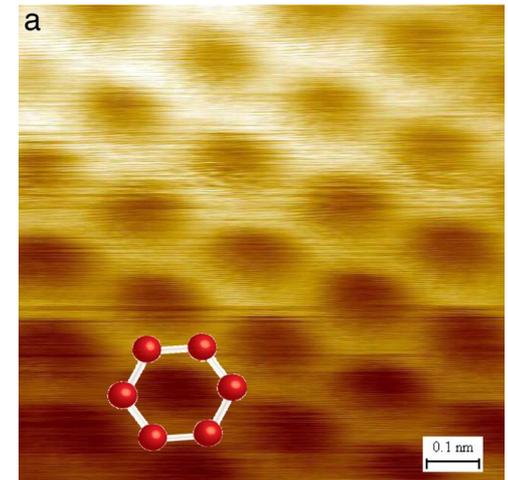
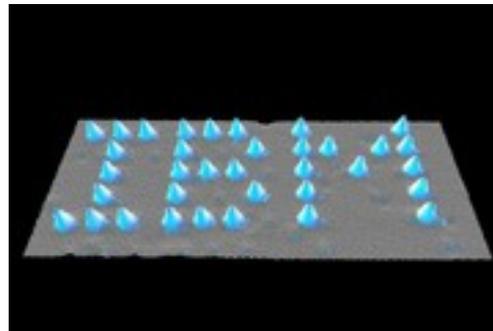
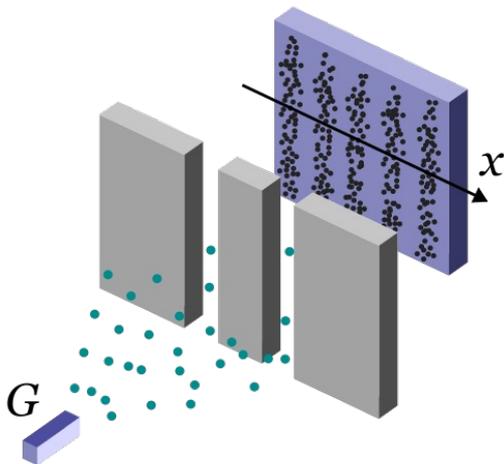
# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Weiter Quellen:

[www.lehrer-online.de](http://www.lehrer-online.de)

[www.quantum-physics.polytechnique.fr/en](http://www.quantum-physics.polytechnique.fr/en) (englisch)

R. Wiesendanger, Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy,  
1994, Cambridge University Press,  
ISBN 0 521 42847 5





# Zusammenfassung

Es werden ausgehend vom Dualismus Welle-Teilchen die Bedeutung der Quantenmechanik für die Beschreibung von kleinen Objekten erläutert. Dabei wird insbesondere auf die Eigenschaften von Elektronen eingegangen und die Funktion eines Rastertunnelmikroskops erläutert.

In Streuexperimenten hat sich gezeigt, dass mikroskopische Objekte nicht mehr deterministisch beschrieben werden können, sondern nur mit Hilfe von Wahrscheinlichkeiten charakterisiert werden können. Diese Wahrscheinlichkeiten resultieren aus Wahrscheinlichkeitsamplituden, welche einer Wellengleichung, der Schrödinger-Gleichung genügen. Aus der Überlagerung dieser Amplituden ergeben sich die typischen Interferenzeffekte, wie man sie auch bei klassischen Wellen beobachtet. Ein anderes Phänomen, welches daraus resultiert ist der sogenannte Tunneleffekt. Ein mikroskopisches Teilchen sei in einem Potenzial 'gefangen', welches es aufgrund seiner Energie klassisch nicht verlassen kann, z.B. rollt eine kleine Kugel in einer Schale. Jedoch gibt es eine endliche Wahrscheinlichkeit, dass das Teilchen das einschließende Potenzial verlässt- es 'tunnelt durch die Potenzial-Wand'. Für makroskopische Objekte ist dieser Effekt selbst auf kosmischen Zeitskalen nicht nachweisbar, jedoch für mikroskopische Objekte wie Elektronen oder Protonen ist er messbar. Beim Rastertunnelmikroskop (RTM) bringt man eine metallische Spitze ganz dicht vor die zu untersuchende Oberfläche. Aufgrund des Tunneleffektes bewegen sich Elektronen zwischen Oberfläche und Spitze, obwohl kein elektrischer Kontakt im klassischen Sinne besteht- es fließt ein messbarer Strom. Bewegt man die Spitze in kontrollierter Weise über der Oberfläche und registriert den Strom, kann man wertvolle Informationen über die Eigenschaften der Oberfläche erhalten.