



## V3 – Rastertunnelmikroskopie

Ort: F-Praktikum C60.047

Betreuer: P. Richter

Die Rastertunnelmikroskopie (STM = Scanning Tunneling Microscope) ist der Vorläufer einer Reihe moderner rasternder Charakterisierungsverfahren für Festkörperoberflächen. Dabei wird ein Tunnelstrom als sehr lokale und stark abstandsabhängige Wechselwirkung zwischen einer Sonde – der Tunnelspitze – und der elektrisch leitfähigen Oberfläche für ein bildgebendes Verfahren ausgenutzt. Der Entwicklung des STM Anfang der 80er Jahre folgte die Etablierung einer Reihe weiterer rasternder Verfahren, die eine örtlich begrenzte Wechselwirkung zwischen Sonde und Spitze ausnutzen; die bedeutsamsten darunter sind außerdem das Rasterkraftmikroskop (AFM = Atomic Force Microscope) und das optische Nahfeldmikroskop (SNOM = Scanning Nearfield Optic Microscope). Der Durchbruch für das STM war die Strukturaufklärung der Si(111)  $7 \times 7$  Oberflächenrekonstruktion. Es war erstmals möglich, Atompositionen im Realraum abzubilden, was den Vätern des STM Gerd Binnig und Heinrich Rohrer zum Nobelpreis für Physik im Jahre 1986 verhalf. Davon konnten Beugungsverfahren nur Ergebnisse im reziproken Raum liefern, wobei die Rückrechnung auf die Atomorte bei komplizierten Strukturen nicht trivial ist. Auch heute noch ist die Strukturaufklärung ein Teil der aktuellen Forschung, wobei vorrangig Überstrukturen von adsorbierten Atomen und Molekülen Gegenstand der Untersuchungen sind. Die Leistungsfähigkeit des STM ist jedoch nicht auf das Abbilden mit atomarer Auflösung beschränkt. Durch Aufnahmen von Strom-Spannungs-Kennlinien bzw. bei Anwendung von Modulationstechniken ist auch ein spektroskopischer Betrieb möglich. So konnten beispielsweise Bandlücken zwischen Valenz- und Leitungsband bei Halbleitern oder auch das bei  $T < T_C$  sich ausbildende Gap in der Zustandsdichte bei Supraleitern gemessen werden. Darüber hinaus sind Manipulationen einzelner Moleküle und Atome möglich geworden. Mit der Tunnelspitze werden diese definiert auf der Oberfläche bewegt und zu beliebigen Mustern angeordnet, was für die Durchführung neuartiger Experimente eine neue Qualität brachte. Im Praktikumsversuch werden Graphit-Proben mit atomarer Auflösung untersucht

1. Präparation von Tunnelspitzen aus Ptlr.
  2. Untersuchung der Oberfläche von hochorientiertem pyrolytischen Graphit (HOPG), wobei atomare Auflösung angestrebt wird.
  3. Messung des Zusammenhangs zwischen Tunnelstrom und Spitze-Probe-Abstand.
- Ein detailliertes Arbeitsprogramm für diesen Versuch befindet sich am Ende dieser Anleitung.

Tunneleffekt, Fermi-Niveau, Kristalle und Gitterkonstante, Bändermodell, Metalle und Halbmetalle, Oberflächenrauigkeit, Fourier-Transformation



1. Vogtländer, B.: Scanning Probe Microscopy, Springer Verlag GmbH Berlin Heidelberg, 2019;  
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-13654-3.pdf>.
2. Hamann, C., Hietschold, M.: Raster-Tunnel-Mikroskopie, Akademie-Verlag, Berlin, 1991\*
3. Castro Neto, A. H., Guinea, F., Peres, N. M. R., Novoselov, K. S., and Geim, A. K.: The electronic properties of graphene, Rev. Mod. Phys. 81, 109, 2009\*

\* In der Literaturmappe enthalten.

Sowie jede weitere Literatur unter dem Schlagwort Rastertunnelmikroskopie.

1. Inbetriebnahme des Messgerätes
  - ▶ Schneiden einer PtIr Spitze und deren Einbau in das Messgerät
  - ▶ Präparation einer sauberen Graphitoberfläche
  - ▶ Einbau der Probe in das Messgerät
  - ▶ Annähern der Probe an die Tunnelspitze
  - ▶ Überprüfen ob atomare Auflösung erreicht werden kann. Gegebenenfalls die oberen Schritte wiederholen bis atomare Auflösung erreicht wird.
2. Analysieren der Probe
  - ▶ Aufnahmen verschiedener Bilder in den verschiedenen Messmodi des STMs
  - ▶ Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Tunnelstrom und Spitze-Probe-Abstand
  - ▶ Aufnahmen von I-U Kennlinien

Die Bedienung des Mikroskops wird Ihnen vor Ort vom Betreuer erläutert. Die einzelnen Messungen erfolgen dann weitgehend eigenständig.