

2 Einleitung

Seit der Erfindung der Rastertunnelmikroskopie durch Binnig und Rohrer, die 1986 den Nobelpreis dafür erhalten haben, erfuhr diese Technik eine rasante Entwicklung. Inzwischen ist sie eine der dominierenden Analysemethoden der Oberflächenphysik. Viele andere *'Scanning Probe Methods'* zur Detektion unterschiedlichster Eigenschaften sind aus ihr hervorgegangen. Mit diesen können verschiedenste Kräfte, Verspannungen, Temperaturgradienten, optische Eigenschaften und mehr gemessen werden. Schon seit zehn Jahren ist bekannt, daß diese Methoden nicht nur zur lokalen Abbildung von Oberflächen sondern auch als Werkzeug zu deren Strukturierung eingesetzt werden können. Bis heute konnten jedoch nur mit dem STM¹ Modifikationen der Oberfläche auf atomaren Ebene durchgeführt werden. Um die Mobilität der Oberflächenatome und der Adsorbate für die Herstellung dieser lokalen Strukturen einzuschränken, können STMs eingesetzt werden, die bei variabler Temperatur operieren. Zu Beginn dieser Arbeit gab es nur einige wenige Tieftemperatur-STM und auch heute sind die wenigen kommerziell zu erwerbenden sehr teuer.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Rieder wurde mir die Möglichkeit gegeben, ein solches Tieftemperatur-STM für die Herstellung von atomaren Strukturen aufzubauen. Die erreichten tiefen Temperaturen geben dem System eine beeindruckende mechanische und elektronische Stabilität. So sind bei gleichbleibender Temperatur driftfreie Messungen über Tage hinweg über ein und demselben Atom möglich. Die Auflösung von Abständen senkrecht zur Probe liegt bei einigen Tausendstel Å.

Mit der zunehmenden Miniaturisierung elektronischer Strukturen stößt die konventionelle Halbleitertechnik in absehbarer Zeit an ihre physikalischen Grenzen. Deshalb muß nach neuen Wegen für den Aufbau immer kleinerer funktionaler Einheiten gesucht werden. Die Erforschung von *'Self Assembling Monolayers'* ist ein Weg in diese Richtung. Diese Strukturen weisen Eigenschaften auf, die sehr stark von ihren Dimensionen abhängen.

An diesem Punkt können die besonderen Eigenschaften des STM voll ausgeschöpft werden. Mit ihm können diese funktionalen Strukturen Atom für Atom oder Molekül für

¹ STM: **S**canning **T**unneling **M**icroscope

Molekül aufgebaut und untersucht werden. Um die Eigenschaften der aufgebauten Struktur von denen des Substrats trennen zu können, müssen beide voneinander entkoppelt werden. Damit dem STM nur Materialien untersucht werden können, die eine gewisse Leitfähigkeit aufweisen, dürfen nur sehr dünne Isolatorschichten zum Trennen von Substrat und Adsorbat verwendet werden. Die Suche nach einer geeigneten Kombination von Isolatormaterial und Unterlage war ein Bestandteil dieser Arbeit.

Das System NaCl/Cu(311) hat die gesuchten Eigenschaften. Der isolierende Salzfilm wächst *'layer by layer'* auf dem Kupfersubstrat und kann bis zu vier Lagen durchtunnelt werden. Das System ist damit hervorragend für den Aufbau der beschriebenen isolierten Nanostrukturen geeignet. Dieses Wachstum wird energetisch sogar so weit favorisiert, daß schon bei Raumtemperatur die zur Cu(311) fehlgeneigte Cu(211) in lange, schmale (311)-Facetten umgewandelt wird. Diese Strukturierung ist nicht nur auf eine regelmäßige Facettierung beschränkt, zusätzlich werden selektiv nur die (311)-Facetten mit NaCl bedeckt. Die Oberfläche der (111)-Gegenfacetten besteht weiterhin aus Kupferatomen. Diese Eigenschaften sollen in Zukunft für die Herstellung getrennter magnetischer Inseln verwendet werden.

Die besonderen Fähigkeiten des STM bei der Herstellung und Untersuchung lokaler Strukturen werden in dieser Arbeit am System CO/Cu(211) demonstriert. Durch die gezielte Manipulation von Substratatomen und CO-Molekülen bei tiefen Temperaturen wurde es möglich, die Bindungsplätze des Kohlenmonoxids auf der Cu(211) zu bestimmen, wobei temperaturabhängige Messungen Aufschluß über deren Stabilität geben.

Das Erscheinungsbild mehrerer nebeneinander liegender Adsorbate kann völlig von dem einzelner verschieden sein. Deshalb stellt die Identifizierung geordneter Adsorbatphasen und die genaue Zuordnung von Bindungsplätzen mit dem STM eine große Herausforderung dar. Vielfach müssen theoretische Rechnungen für die Interpretation eines solchen STM-Bildes herangezogen werden. Hier wurde die 3x1-Überstruktur des CO auf Cu(211) mit Hilfe der lateralen Manipulation Schritt für Schritt aus einzelnen Molekülen aufgebaut und so eine eindeutige Zuordnung der Bindungsplätze im System erreicht. Die Anregung mit inelastisch tunnelnden Elektronen gibt Aufschluß über die Wechselwirkung mit vibronischen Anregungen.