

### 3.5.2 Rasterkraftmikroskopie

Die Rasterkraftmikroskopie (RKM oder im Englischen Scanning Force Microscopy, SFM, oder Atomic Force Microscopy, AFM) entstand im Zuge der Entwicklung des Rastertunnelmikroskops. 1986 berichteten Binnig *et al.* in [Binnig1986] über erfolgreiche Messungen mit einem AFM. Sie erreichten dabei eine laterale Auflösung von 3 nm und eine vertikale Auflösung von weniger als 0,1 nm. Dabei ist bemerkenswert, dass diese Auflösungen bei Messungen unter Atmosphäre erzielt wurden.

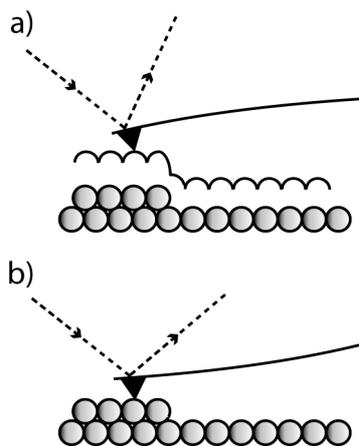


Abb. 3.5.2.1  
Schematische Darstellung der beidem möglichen Messmodi: a) „non-contact“ mode und b) „contact mode“. Die gestrichelten Linien symbolisieren einen auf die Rückseite der Probe fokussierten Lichtstrahl, der zur Detektion der Position der Spitze verwendet wird.

Man unterscheidet generell zwei Arbeitsmodi (Abb. 3.5.2.1), einerseits die kontaktlose Messung (non-contact mode) und andererseits die Messung bei der die AFM-Spitze die Probe berührt (contact mode).

U. Hartmann gibt einen Überblick über die gängigen Theorien zur „non-contact“-Rasterkraftmikroskopie [Wiesendanger 1993].

Hier soll nur ein kurzer Einstieg in dieses Thema gegeben werden. Als erste Vereinfachung werden hier nur die für die Topographie relevante van-der-Waals-Kraft und elektrostatische Kräfte diskutiert, da die in dieser Arbeit durchgeführten Experimente im Ultra-Hoch-Vakuum stattgefunden haben. Die unter Atmosphärenbedingungen auftretenden zusätzlichen Effekte, wie Kapillar- und Solvatationskräfte werden also vernachlässigt. Auch die magnetostatischen Kräfte werden nicht eingehender

behandelt, diese ermöglichen in Verbindung mit einer magnetischen Spitze sogenannte Magnetkraftmikroskopie (MKM, im Englischen Magnetic Force Microscopy, MFM) Aufnahmen.

Der Abstand zwischen Probe und Spitze beträgt im kontaktlosen Modus 1 nm bis 100 nm. In diesem Bereich ist die van-der-Waals-Wechselwirkung maßgeblich. Diese fällt, in Bezug auf den Abstand, mit  $r^{-6}$  ab.

Die Abstandsregelung des RKM wird realisiert, in dem der Ausleger, an dem die Spitze befestigt ist zu einer Schwingung in seiner Resonanzfrequenz angeregt wird. Verändert sich der Abstand zwischen Spitze und Probe, ändert sich auch die Schwingungsfrequenz auf Grund der veränderten Kraft durch die van-der-Waals-Wechselwirkung. Diese Änderung ist nach [Chen1993] gegeben durch:

$$f = 9,57 \cdot \sqrt{\frac{k + \frac{\partial F}{\partial z}}{m^*}}, \quad (3.5.2.1)$$

mit  $k$  der Federkonstanten,  $m^*$  der effektiven Masse des Ausleger-Spitze-Systems und  $\frac{\partial F}{\partial z}$

der Änderung der van-der-Waals-Kraft mit dem Abstand. Die Dimensionen des Auslegers mit Spitze (cantilever) sind durch die notwendige Frequenz (einige kHz) und die Kraftkonstante ( $>1$  N/m) bestimmt. Chen erhält mit diesen Daten eine Masse von kleiner einem  $\mu\text{g}$  [Chen1993]. Für die Berechnung der Kraft auf die Spitze gibt es verschiedene Ansätze [Wiesendanger1993].