

Thomas Fetter

Non-Contact Atomic Force Imaging

Seminar

Sommersemester 2013

„Einführung in die Biophysik“





Übersicht

- Was ist AFM allg.
- Welche Kräfte wirken
- Der Cantilever
- AFM Nichtkontaktmodus
- Versuch von Leo Gross
- Quellen
- Fragen

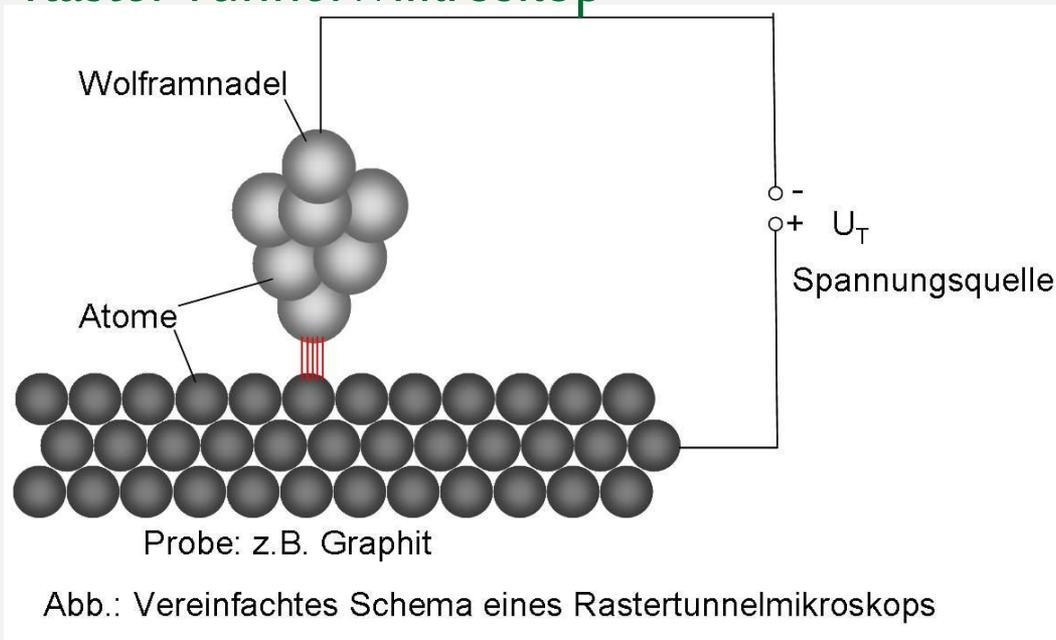


AFM - atomic force microscop

- Deutsch: Raster Kraft Mikroskop
- Zur Oberflächenanalyse
- 3 Arten:
 - LEED (Beugung bzw. Streuung) bilden periodische Strukturen in reziproken Raum ab.
 - Photo Emmissions Spektroskopie (PES): Bindungsenergien sowie der Impuls von Elektronen im Festkörper
 - Raster Tunnel Mikroskop (das sind wir)

AFM - atomic force microscope

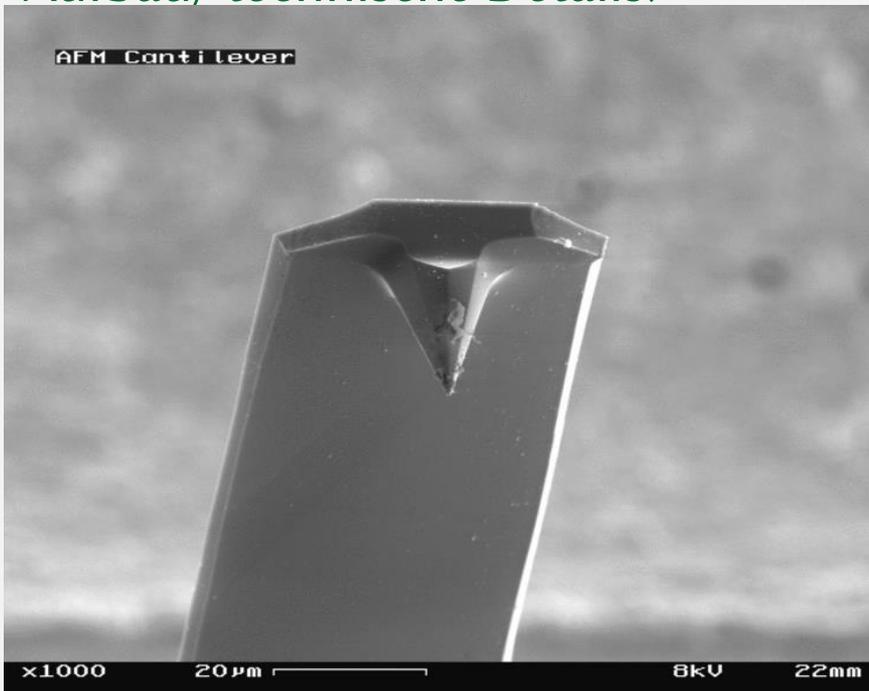
Raster Tunnel Mikroskop



$$\vec{j} \sim e^{-\frac{2}{\hbar} \sqrt{2m_e(E-V)}d}$$

Cantilever - Messnadel

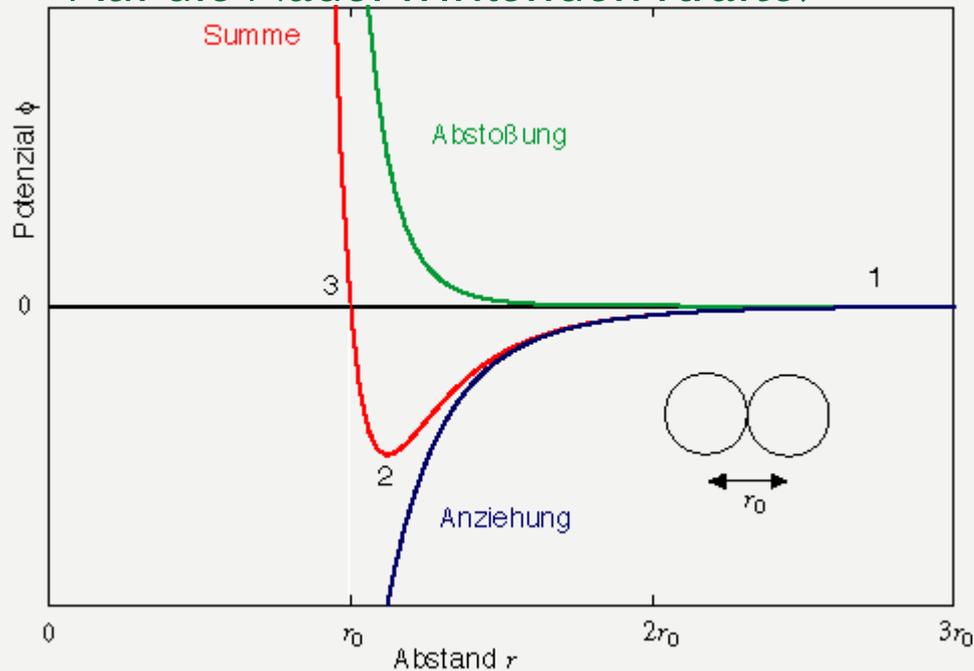
Aufbau/ technische Details:



- Radius an der Spitze 5 bis 15 Nanometer (wenige Atome)
- Federkonstante zwischen 0,01 - 40 N/m
- Typische Eigenfrequenz 2 bis 300 kHz
- Spitzen werden normaler Weise aus harten Materialien gefertigt, wie Silizium, die Diamantstruktur aufweisen.

Cantilever

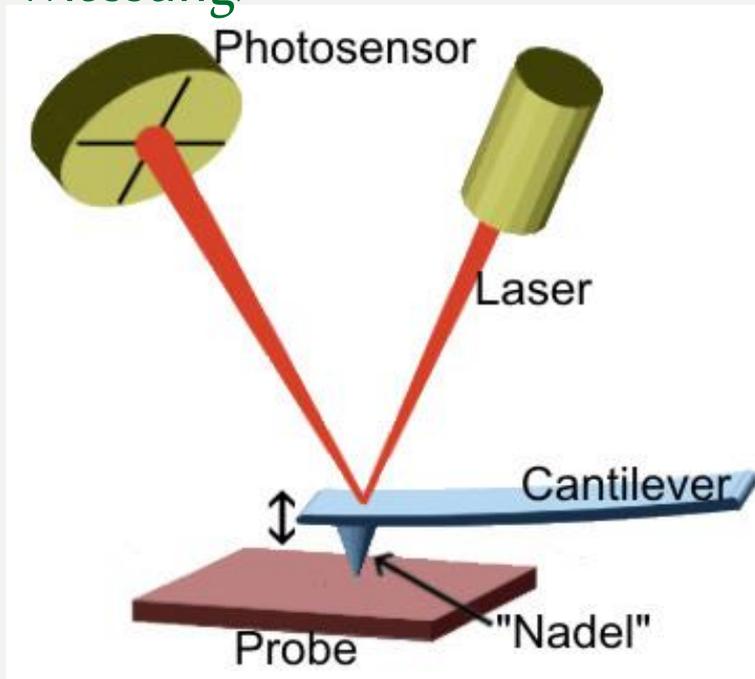
Auf die Nadel wirkenden Kräfte:



Kräfte liegen im Bereich von
 10^{-6} - 10^{-8} Newton

Cantilever - Auslenkung

Messung:

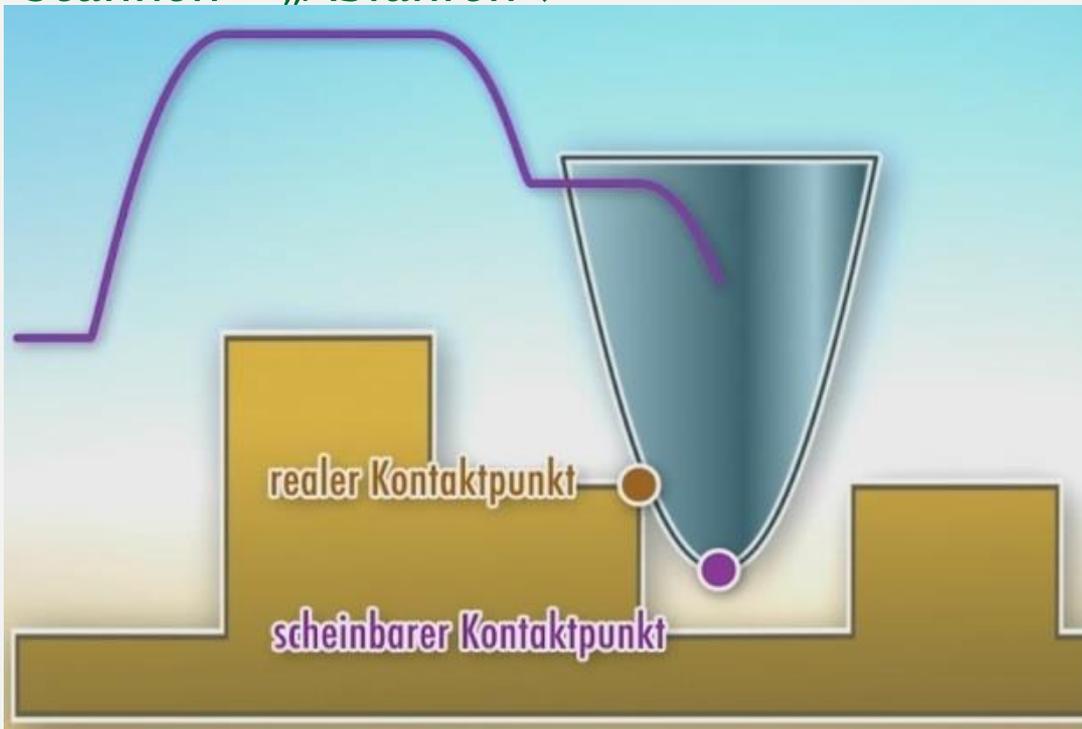


Technik:

- Ursprünglich Anstatt Laser ein Raster Tunnelmikroskop
- Vorteil des Lasers: Auch Torsionsmomente messbar (und genauer)

Cantilever - Messnadel

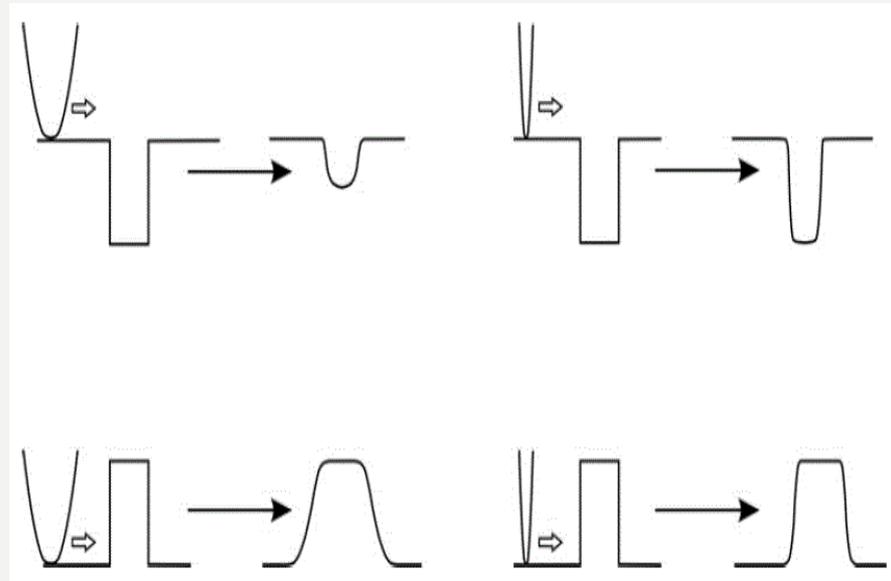
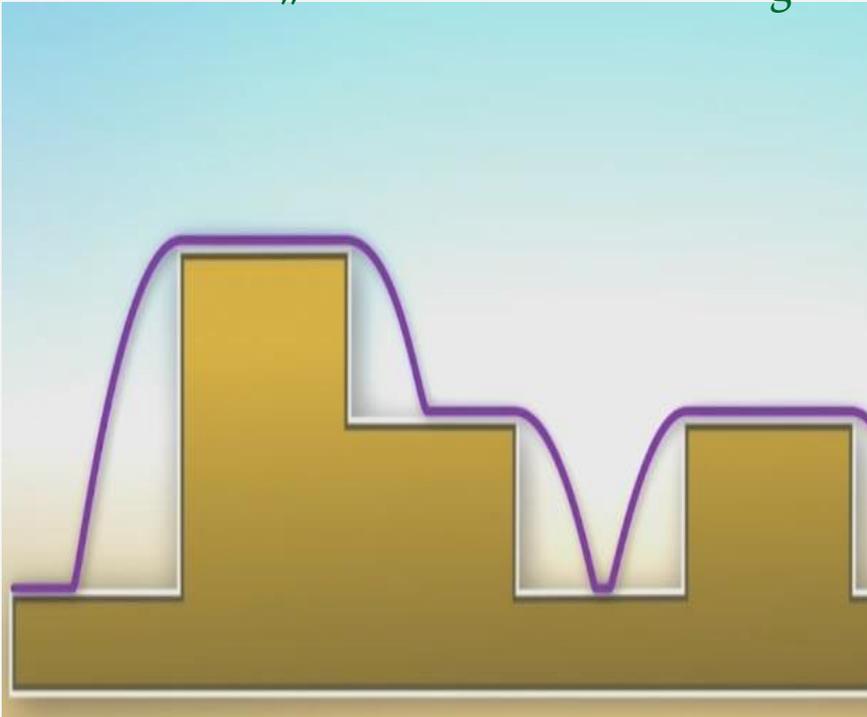
Scannen – „Abfahren“:



Cantilever - Messnadel

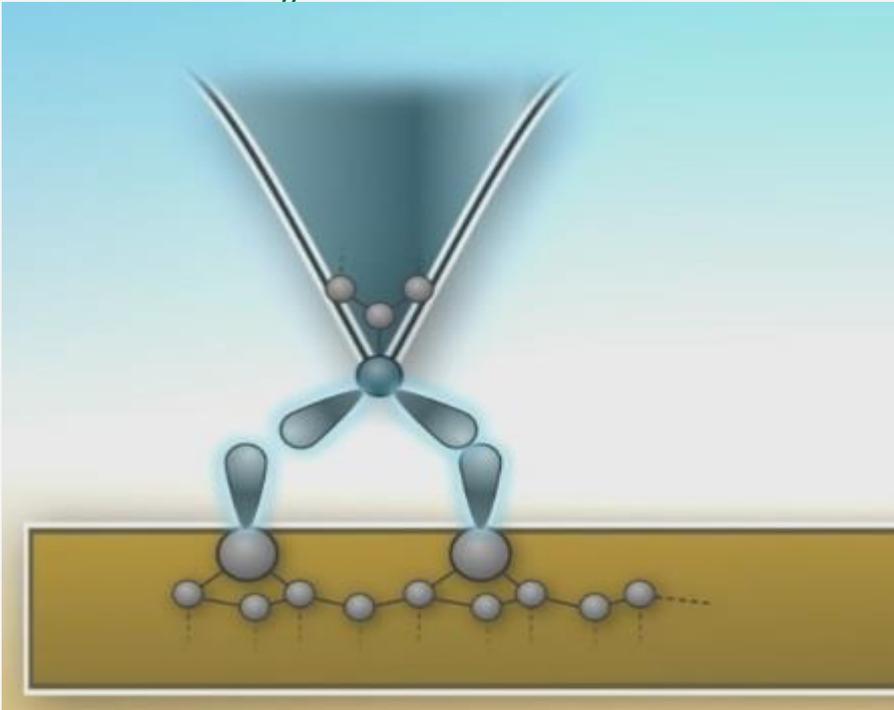
Scannen – „Abfahren“: Erhebungen werden vergrößert, „Löcher“ verkleinert;

Auflösung abhängig von Spitzenqualität



Cantilever - Messnadel

Scannen – „Abfahren“:

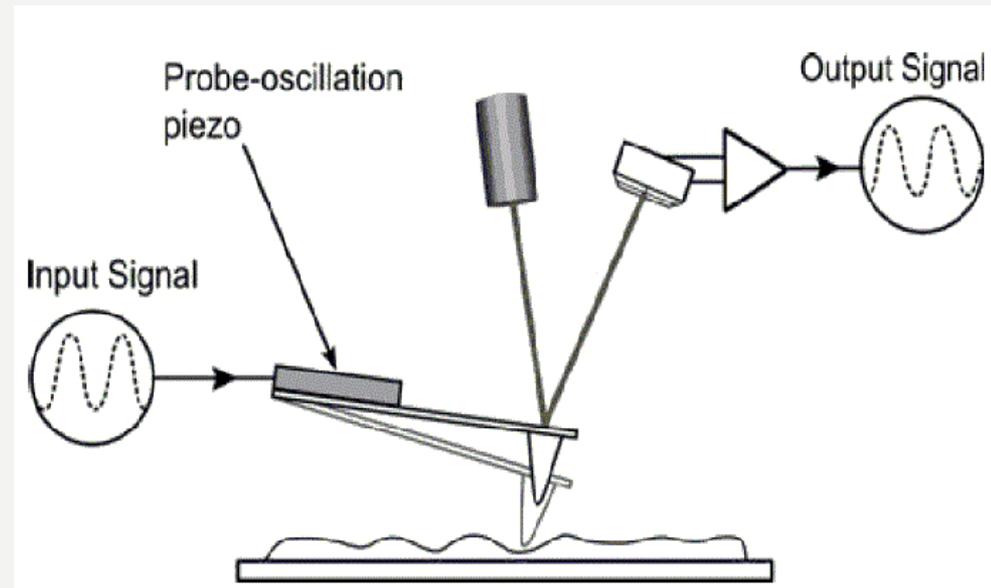


Auflösung:

- Selbst Orbitale können unter Umständen gemessen werden
- Topografische oft mit elektronischer Information vermischt

Drei verschiedene AFM Typen

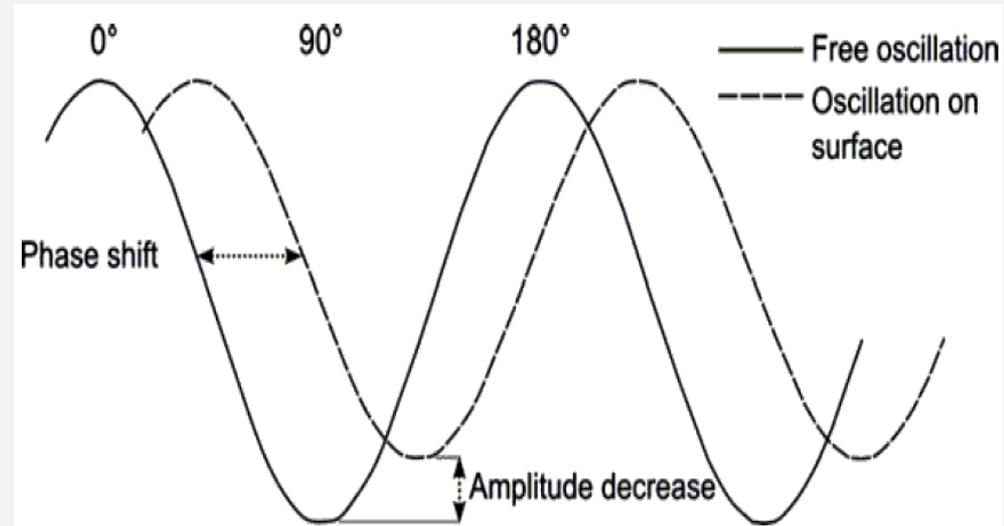
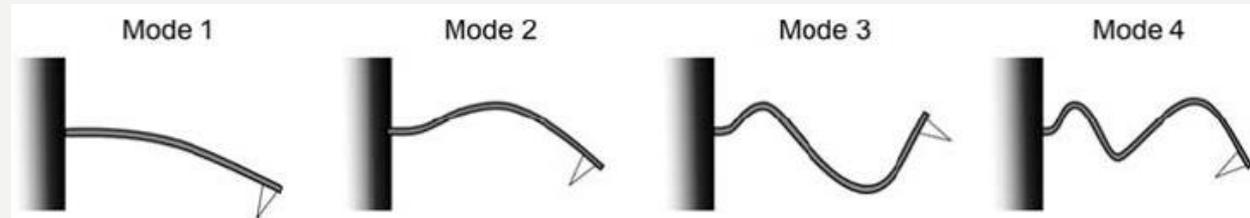
- Kontaktmodus
 - konstante Höhe
 - konstante Kraft
- Nicht Kontaktmodus: Cantilever stellt Harmonischen Oszillator dar
- Tapping: Spitze und Probe berühren sich gerade noch (an der Amplitude)



Nichtkontaktmodus

Verfahren:

- Cantilever wird zum Schwingen angeregt
- Beim Scannen ändert sich Abstand(r)
- > Resonanzverschiebung

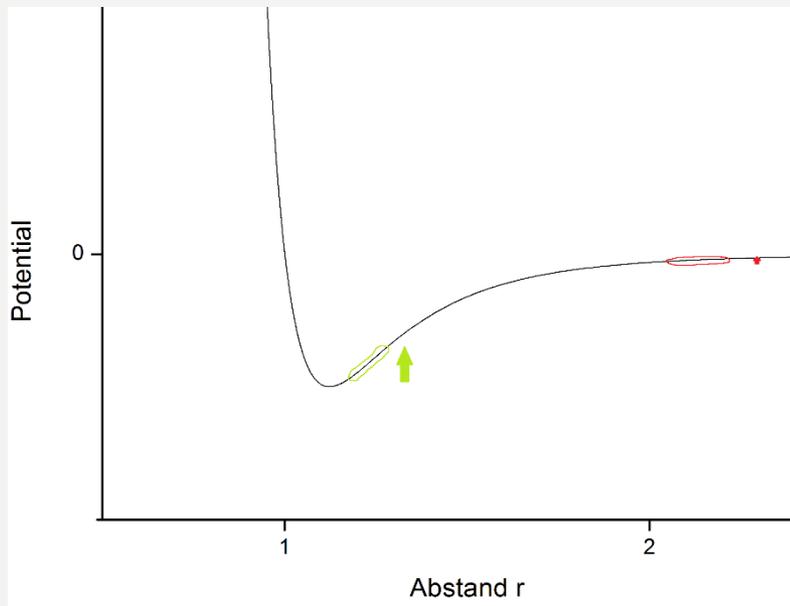


Nichtkontaktmodus

Probleme:

$$\varphi(r) \sim -\nabla \vec{F} \quad (\text{Kraft})$$

$$\varphi(r) \sim f \quad (\text{Frequenzänderung})$$

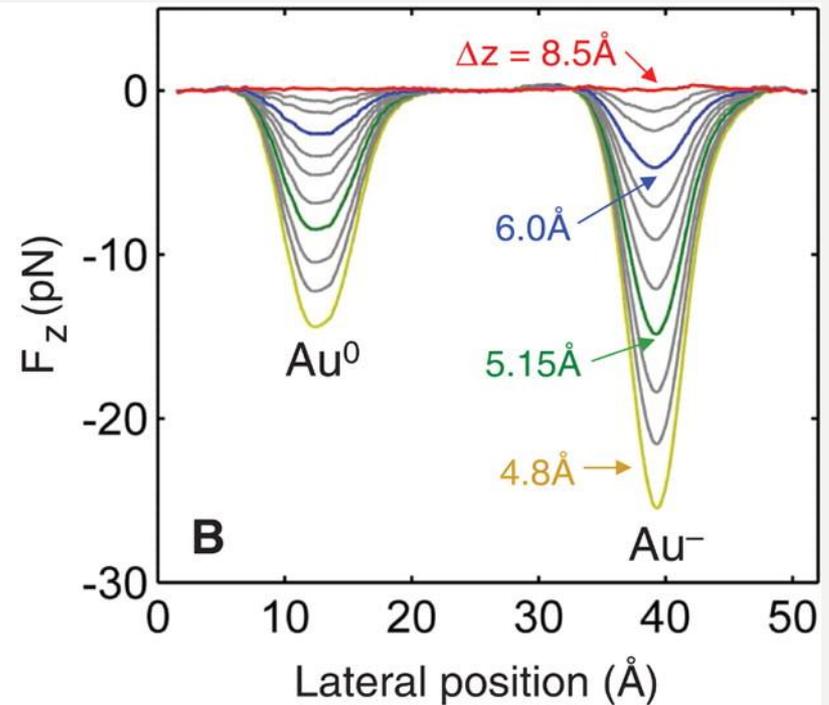
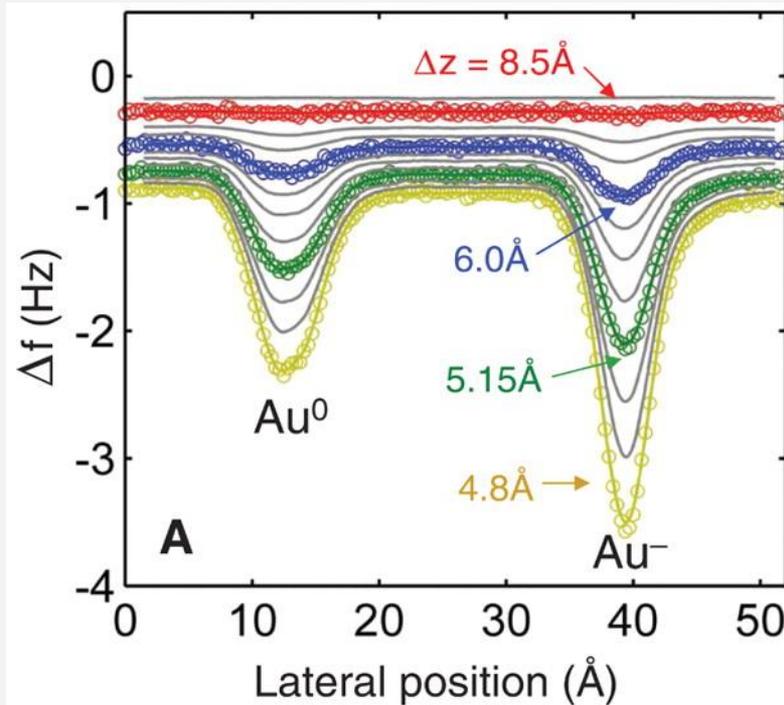


Es gilt:

- große Abstände \rightarrow kleine freq. Änderungen
- große Frequenzunterschiede sind besser messbar
- nach Möglichkeit den kleinsten Abstand vom Cantilever zur Probe

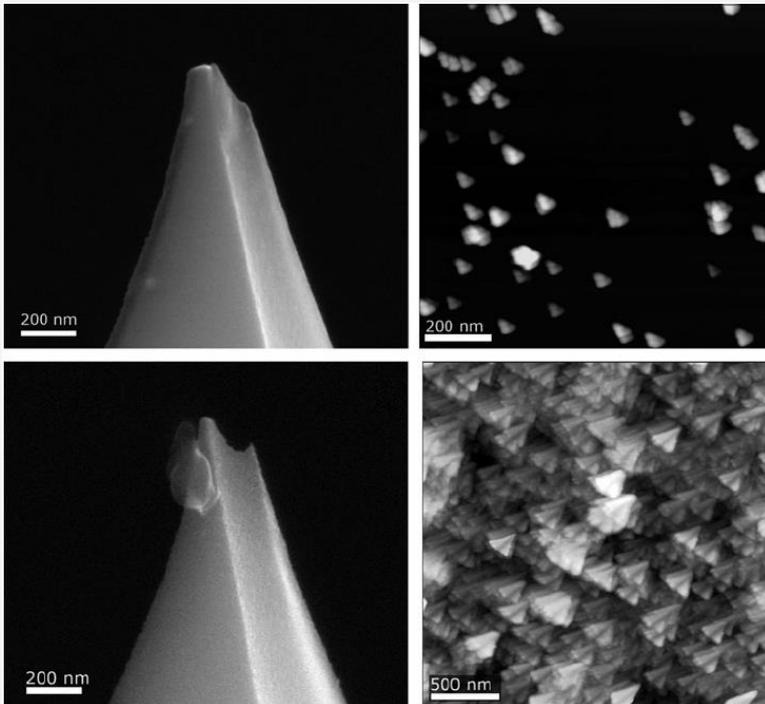
Nichtkontaktmodus

Variierter Cantileverabstand



Probleme

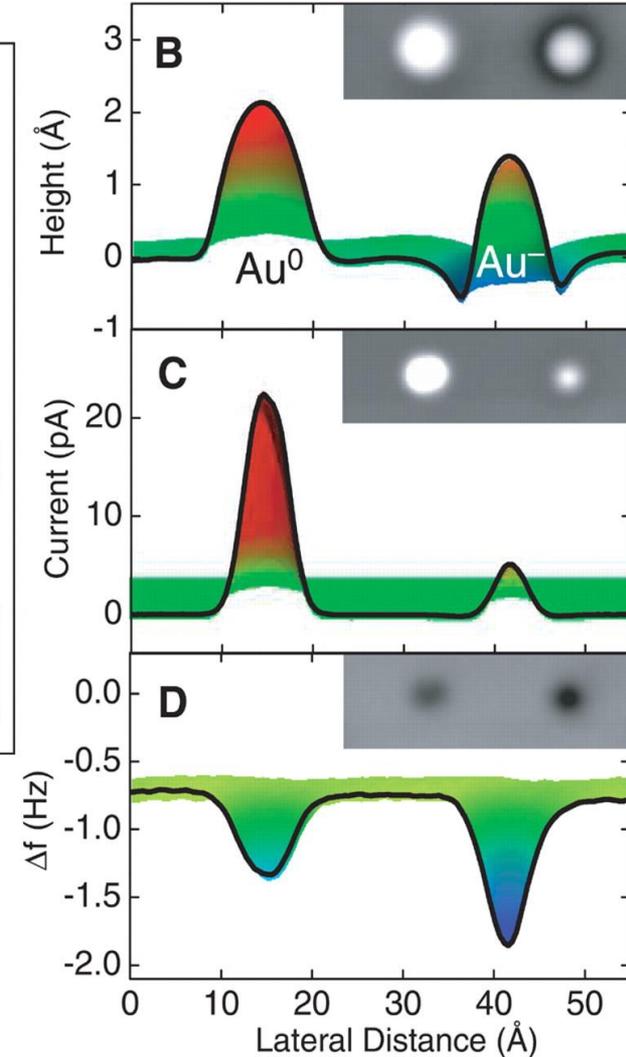
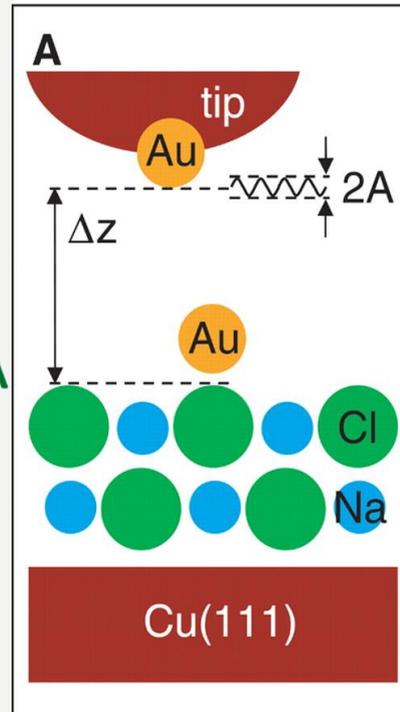
Bilder die eine beschädigte Nadel verursachen:



Paper

Hoher Gütefaktor $Q \approx 5 \times 10^4$

Reduzierung der Amplitude auf 2 \AA



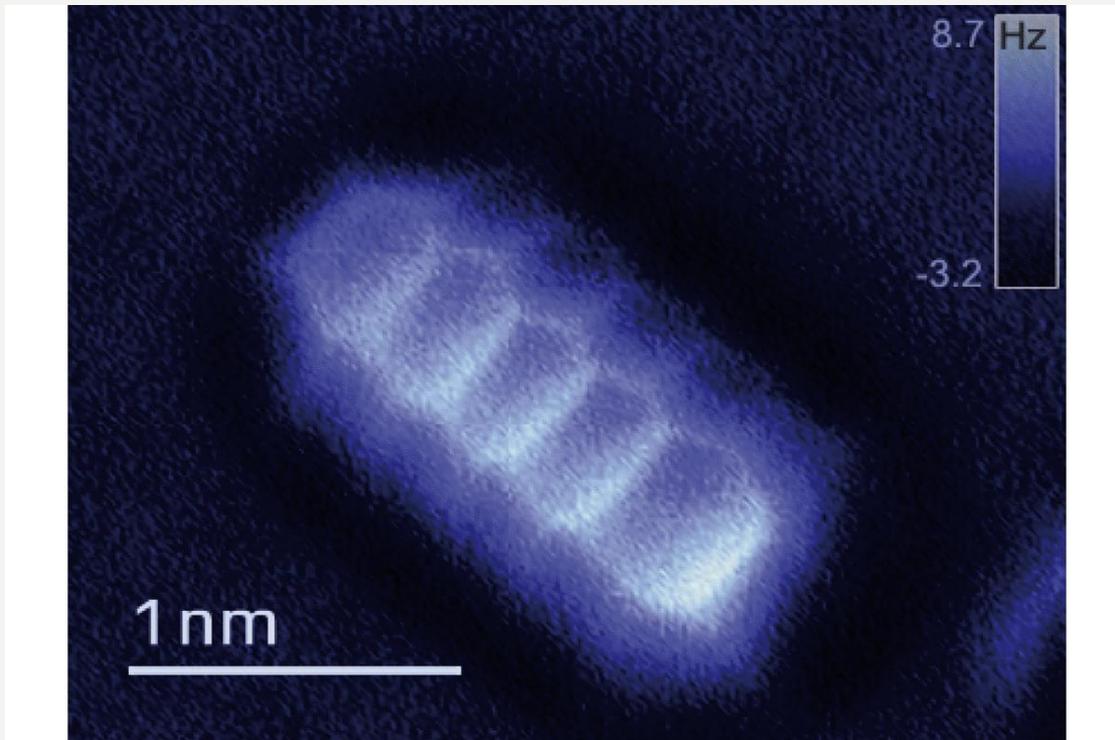
Paper - qPlus

Verwendeter qPlus Sensor:

- Oszillationen mit Amplituden unter einem \AA möglich
- Temperatur von unter 6° Kelvin erforderlich



Aufnahme:



NC-AFM of Pentacene on NaCl/Cu(111). $A_{\text{osc}} = 100 \text{ pm}$, $f_0 = 28.75 \text{ kHz}$, $Q = 44000$.



Paper

Ausblick:

Verfolgung/ Detektierung der
Elektronen in Redox-Reaktionen



Quellen:

- Abbildung: Vereinfachtes Schema eines Rastertunnelmikroskops von www.chempage.de
- Abbildung AFM Cantilever [de.wikipedia.org/wiki/Cantilever_\(Mikroskop\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Cantilever_(Mikroskop))
- Abbildung Cantilever www.world-of-nano.de
- Atomic Force Microscopy - Peter Eaton and Paul West, Oxford University Press
- qPlus & Pentacene Sensor: www.omicron.de/en/products/low-temperature-spm/instrument-concept
- Science Paper: <http://www.sciencemag.org/content/324/5933/1428.full>

Fragen???

Owl you need is love

