

Messen mit dem easyScan AFM

Funktionsweise eines AFMs

Das Rasterkraftmikroskop (engl.: atomic force microscope, AFM) beruht auf der Messung von Kräften. Die lokale Interaktion der AFM-Spitze mit der Oberfläche wird mittels eines Kraftarms (Biegebalken, engl.: cantilever) aufgenommen (Abb. 1). Auf die Spitze wirken abstoßende und anziehende Kräfte. Diese Kräfte werden mittels der Federkraft des Cantilevers ausbalanciert, wodurch dieser aus seiner Ruhelage gebogen wird. Diese Auslenkung des Kraftarms wird üblicherweise mittels der Lichtanzeigermethode ausgelesen. Dabei wird auf die Oberseite des Cantilevers ein Laserstrahl gerichtet und dort reflektiert. Damit wird durch den Kraftarm eine Höhenänderung der Spitze in eine Winkeländerung des Laserstrahls umgesetzt. Der Laserstrahl wird über einen Spiegel auf eine segmentierte Photodiode gelenkt (Quadrantendetektor). Die Verbiegung des Cantilevers wird durch die Änderung der Spannungen an den Photodiodensegmenten des Quadrantendetektors sichtbar. Die Bewegung der Probe erfolgt beim AFM üblicherweise mittels eines Piezoelements.

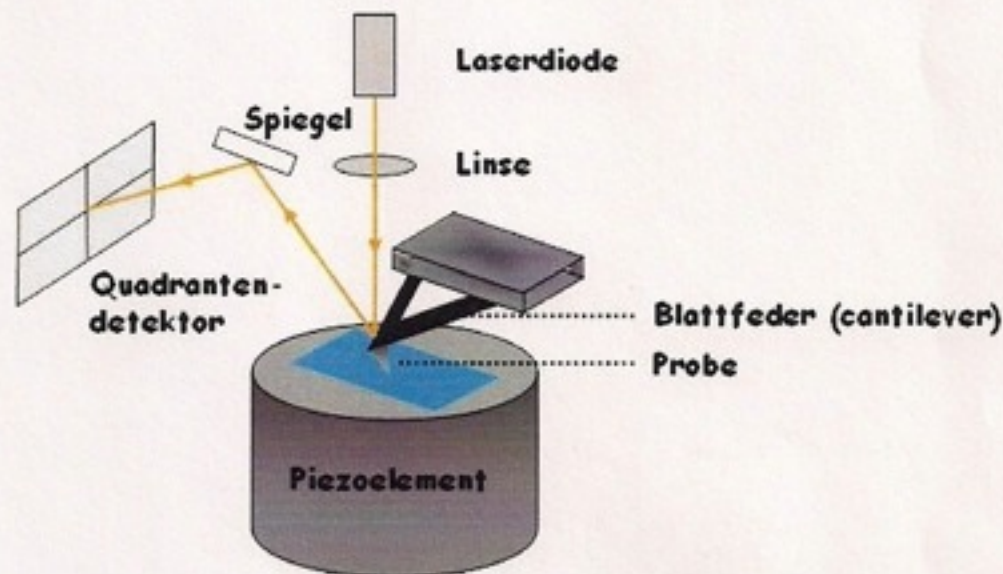


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Kraftmikroskops. Die Probe wird mit Hilfe der Piezokeramik relativ zur Abtastspitze gerastert.

Das AFM wird in verschiedenen Betriebsarten eingesetzt (Abb. 3). Im „Kontaktmodus“ befindet sich die Spitze während der gesamten Messung im Kontakt mit der Probenoberfläche, während im „Tapping-Modus“ die Spitze zu Schwingungen angeregt wird und die Probenoberfläche nur kurzzeitig berührt. Im „Nichtkontaktmodus“ berührt die schwingende Spitze zu keinem Zeitpunkt die Oberfläche.

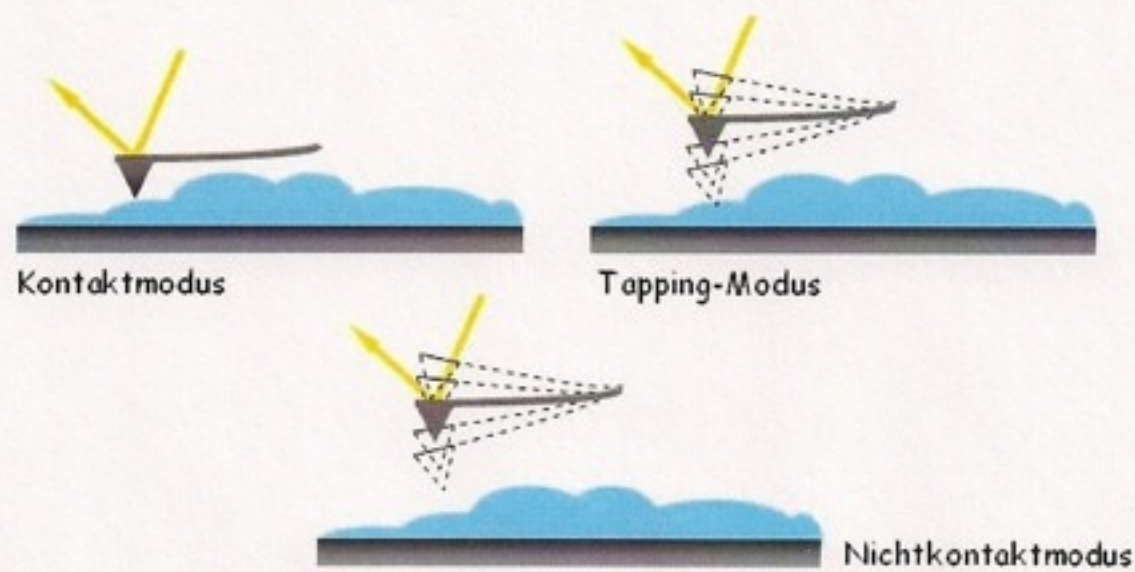


Abb. 2: Betriebsarten des AFM.

Beim Kontaktmodus ist die Spitze während des Abtastens in direkter Berührung mit der Probe. Zwischen Probe und Spitze wirken attraktive oder repulsive Kräfte, wodurch der Kraftarm von der Probe weggebogen oder zur Probe hingebogen wird. Wird während des Rasterns die Höhe (z) der Probe konstant gehalten (Abb. 3) (Konstant-Höhen- oder Auslenkungsmodus), so ist die Biegung des Kraftarms ein direktes Maß für die Topographie der Probe. In diesem Modus können höhere Auflösungen erreicht werden. Da aber die Auflagekraft relativ groß werden kann, kann diese Betriebsart bei biologischen Präparaten zur Deformation bzw. zur Zerstörung des Objektes führen.

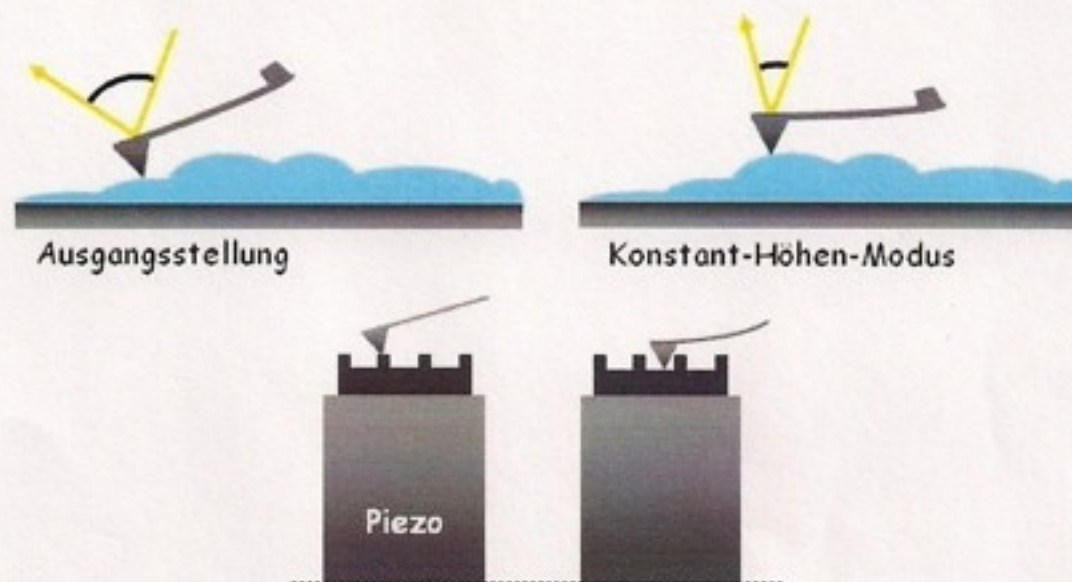


Abb. 3: Konstant-Höhen- oder Auslenkungsmodus. In der Ausgangsstellung ist die Spitze im Kontakt mit der Probe, der Cantilever ist in der Ausgangslage und der Lichtzeiger in seiner Sollstellung. Durch eine Erhöhung auf der Probe wird der Cantilever aus seine

Beim Konstant-Kraft- oder Nachregelungsmodus wird die Biegung des Kraftarms bzw. die Auflagekraft während der gesamten Messung konstant gehalten, während die Höhe der Probe nachgeregelt wird (Abb. 4). Das aufgezeichnete Signal beinhaltet Information über die Oberflächentopographie. Dieser Modus wird vorwiegend bei biologischen Proben eingesetzt, da die auf die Probe ausgeübte Kraft gering bleibt.

Um die Vorteile beider Modi zu nutzen, wird meist ein kombinierter Nachregelungs-Auslenkungsmodus verwendet, wobei beide Signale aufgezeichnet werden.

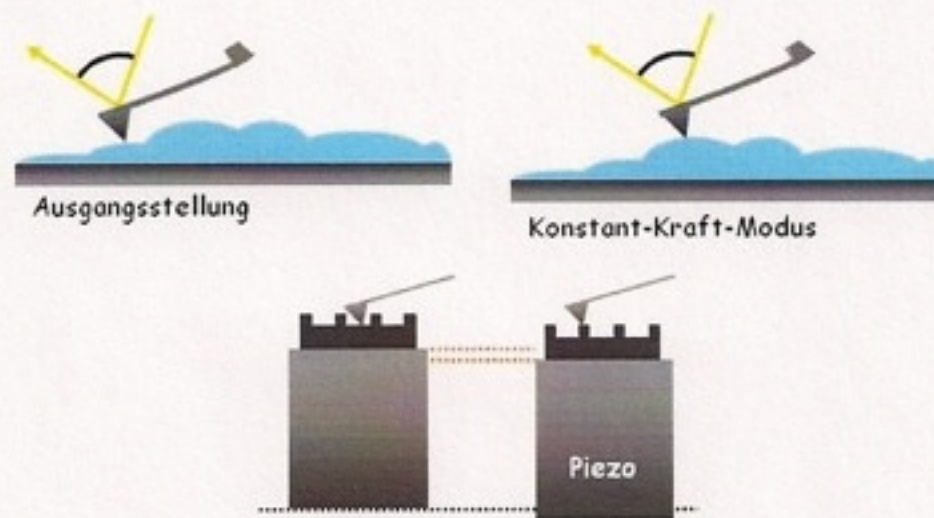


Abb. 4: Konstant-Kraft- oder Nachregelungsmodus. An einer Erhöhung auf der Probe wird die Probe zurückgezogen, wodurch der Cantilever in seiner Ausgangslage und der Lichtzeiger in seiner Sollstellung bleiben.

Im Nichtkontaktmodus wird die Spitze nahe der Resonanzfrequenz vibriert, wobei der Abstand zur Probe größer ist als die Anregungsamplitude (Abb. 2). Damit berührt die Spitze die Probenoberfläche nicht. Die langreichweitigen van der Waals Wechselwirkungen führen zu einer Verringerung der Resonanzfrequenz, die als Regelsignal verwendet wird. Da berührungslos gearbeitet wird, ist die auf die Probe ausgeübte Kraft minimiert. Jedoch wird durch den Abstand zwischen Probe und Spitze auch die laterale Auflösung beschränkt.

Im Tapping-Modus wird die Spitze nahe der Eigenresonanz zu sinusförmigen Oszillationen angeregt (7-40 kHz) (Abb. 2). Die Probe wird dann so nahe an die Spitze angenähert, daß die Amplitude der Schwingung gedämpft wird, da die Spitze die Probe zeitweise berührt. Der Regelkreis wird dann auf eine konstante Dämpfung eingestellt, d.h. die Amplitude der Schwingung wird konstant gehalten. Da im Tapping-Modus die Oberfläche nur kurzzeitig berührt wird, treten geringe laterale Kräfte auf, was vor allem für die Untersuchung biologischer Proben sehr interessant ist.

Beim Rasterkraftmikroskop wird die Information über die Oberfläche durch die zwischen der Probe und Spitze auftretenden Kräfte bestimmt (Abb. 5). Die Auslenkung des Cantilevers (Federkraft) erfolgt in erster Näherung nach dem Hook'schen Gesetz. Die Deformation der Probe bei elastischen Medien wird nach dem Hertz-Modell beschrieben. Die direkte Interaktion der Probe mit der Spitze wird von kurzreichweitigen Kräften (Pauli-Abstoßung, kovalente Bindung bedingt durch chemische Reaktion zwischen Spitze und Probe und metallische Bindung) dominiert. Außerdem sind langreichweitige Kräfte wie van der Waals und elektrostatische Wechselwirkungen wirksam.

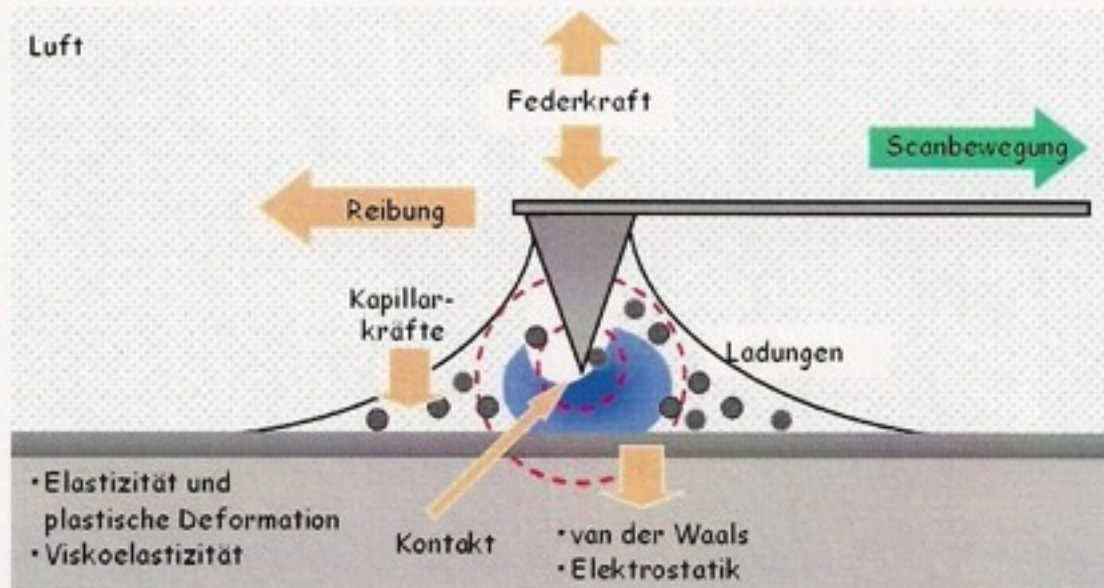


Abb. 5: Die Kräfte, die während der Abbildung an der Luft zwischen der Probenoberfläche und der Spitze auftreten. Außer in Flüssigkeiten entfällt die Kapillarkraft.

Neben den Kräften hat im AFM besonders die Spitze einen großen Einfluß auf die Qualität und Stabilität der Abbildung. Mit einer idealen, punktförmigen Spitze ohne laterale Ausdehnung liessen sich alle Oberflächenstrukturen abbilden. Reale Spitzen besitzen jedoch eine endliche Ausdehnung, die durch den Spitzenradius R und dem Öffnungswinkel α wiedergegeben wird (Abb. 6). Das erhaltene Bild der Oberfläche ist eine Faltung der Spitze mit der Probe. Neben der Form spielen auch andere Eigenschaften der Spitze wie z.B. Ladung, Hydrophobie/philie bei der Abbildung eine erhebliche Rolle.

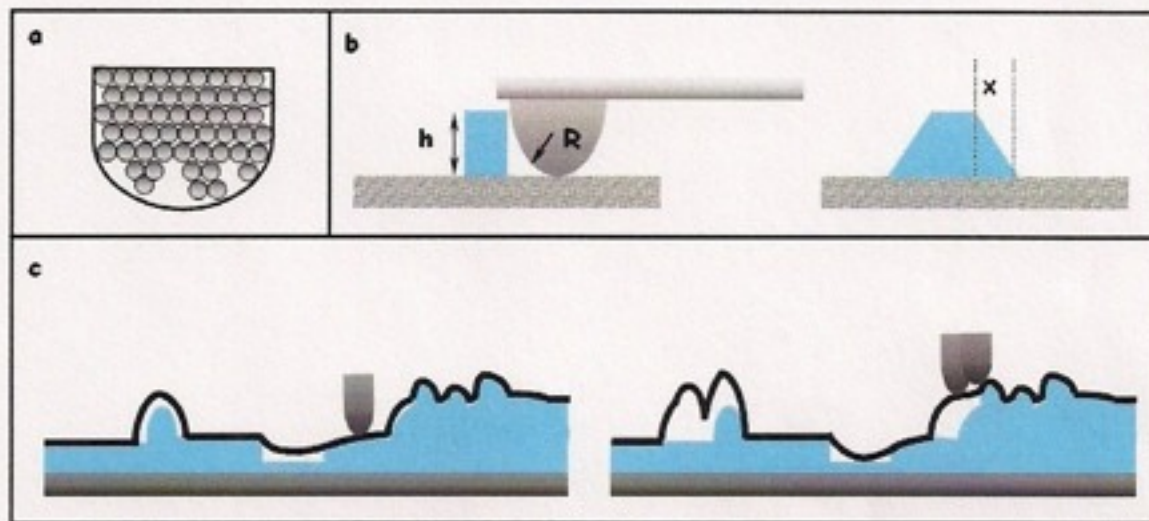


Abb. 6: a) Schema einer realen Spitze, die durch die Unebenheiten eine Dreifachspitze darstellt. Nur bei einer atomar flachen Probe bildet allein die vorderste Spitze ab. b) Verbreiterungseffekt des Kraftmikroskops wegen der Ausdehnung der Spitze. Die Höhe wird originaltreu wiedergegeben, jedoch ist die laterale Auflösung begrenzt. c) Die Form der Oberfläche wird mit der Form der Spitze gefaltet (links). Üblicherweise werden Erhöhungen breiter, Vertiefungen schmaler wiedergegeben. Bildet man mit einer Doppelspitze ab, so entstehen an Erhöhungen ein Bild der Doppelspitze (rechts).

Messen mit dem AFM

Das easyScan AFM misst im sogenannten statischen Modus. Der Sensor ist eine mikromechanische Cantilever mit integrierter Spitze, die an der Sensorhalterung befestigt ist. Kommt der Sensor der Oberfläche sehr nahe, so wirken starke abstoßende Van-der-Waals-Kräfte auf diesen. Diese Kräfte nehmen mit kleiner werdendem Abstand zu. Die Biegung des

Cantilevers aufgrund der abstoßenden Kräfte wird durch ein Laser-Photodetektor-System gemessen. Abb. 7 zeigt ein das AFM-System.

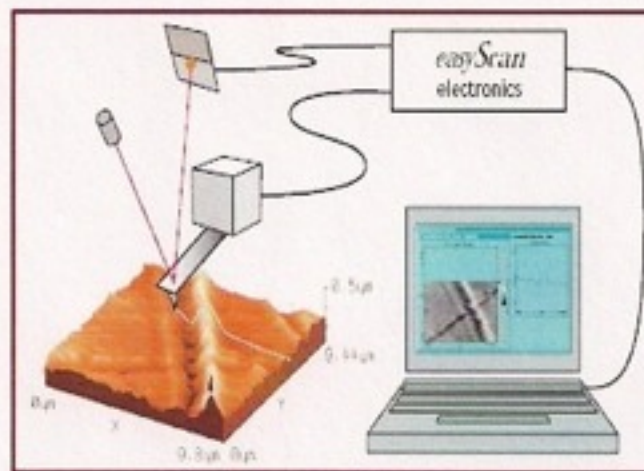


Abb. 7: Schematisches Bild des AFM-Systems bestehend aus dem Cantilever mit Laser und Photodetektor. Das Signal des Detektors wird durch die Elektronik an den Cantilever zurückgekoppelt und am PC ausgegeben.

Das gemessene Lasersignal wird in den Schaltkreis rückgekoppelt, der durch Änderung der Höhe die Kraft zwischen Spitze und Probe konstant hält. Die Ausgabe des Schaltkreises entspricht außerdem der lokalen Probenhöhe.

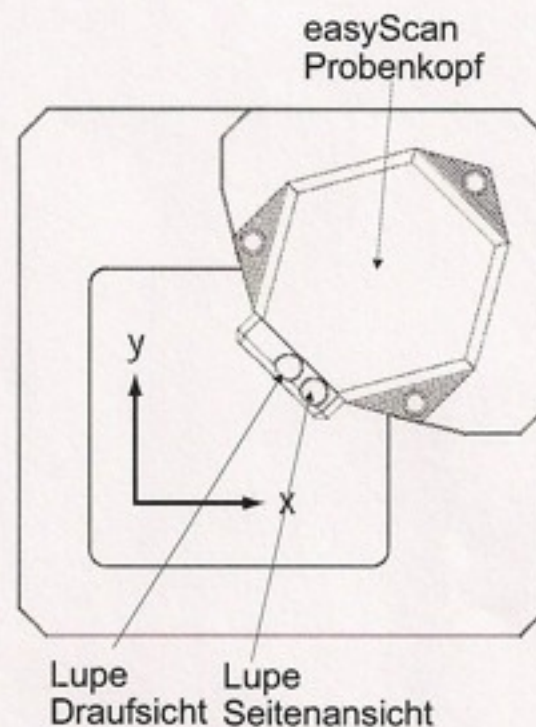


Abb. 8: Draufsicht und Koordinatensystem des easyScan-AFM

Ein Bild der Oberfläche wird nun erstellt indem die lokale Probenhöhe aufgezeichnet wird während die Spitze über die Oberfläche fährt. Die Richtung der x- und y-Achse des AFM ist in Abb. 3 dargestellt. Wird die Messung rotiert, z.B. wenn ein Gitter parallel zum Anzeigefenster dargestellt werden soll, stimmen die Messachsen nicht mehr mit den AFM-Achsen überein. Die Achsen der Messung werden darum mit Sternchen bezeichnet (X^* , Y^*). Das Messkoordinatensystem bestimmt die Richtung der Messung und der Ausgabe auf dem Bildschirm. Das Koordinatensystem des AFM ist fest definiert (Siehe Abb. 8). Über die Mikrometerschrauben lässt sich die Position in X- und Y-Richtung ändern.

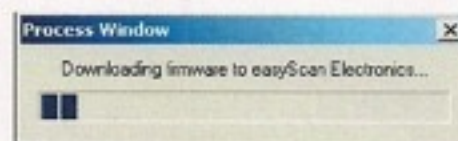
Software

Das AFM wird mit der easyScan 2 Software des Herstellers Nanosurf gesteuert. Das Programm bietet die Möglichkeit, Messungen mit dem AFM zu simulieren. Auf der Homepage <http://www.nanosurf.com> kann unter *Products* die easyScan 2 Demosoftware zu Simulationszwecken heruntergeladen werden. Die Anleitung zum Arbeiten mit dem Mikroskop kann damit optimal nachgearbeitet werden.

Starten des Mikroskops

- Mikroskop vorsichtig aus der Plastikhülle heben und auf einen Tisch stellen. Auf festen Stand achten.
- Mikroskop mit rotem Schalter am Netzteil der Elektronik starten. Zunächst blinken die roten LEDs der Kontrollelektronik und die grüne *Sensor OK*-LED leuchtet.
- Programm *easyScan E-Line* auf dem PC starten. Das Programm befindet sich auf dem Desktop im Ordner „Fortgeschrittenenpraktikum AFM“ oder unter *Start* → *Programme* → *Nanosurf* → *easyScan 2*

Das Hauptfenster mit einem Nachrichtenfenster öffnet sich.



Der PC kommuniziert mit der Kontrollelektronik um das System zu initiieren. Ist der Download-Vorgang beendet, hören die roten LEDs auf zu blinken. Im Programmfenster öffnen sich die Schaltelemente.

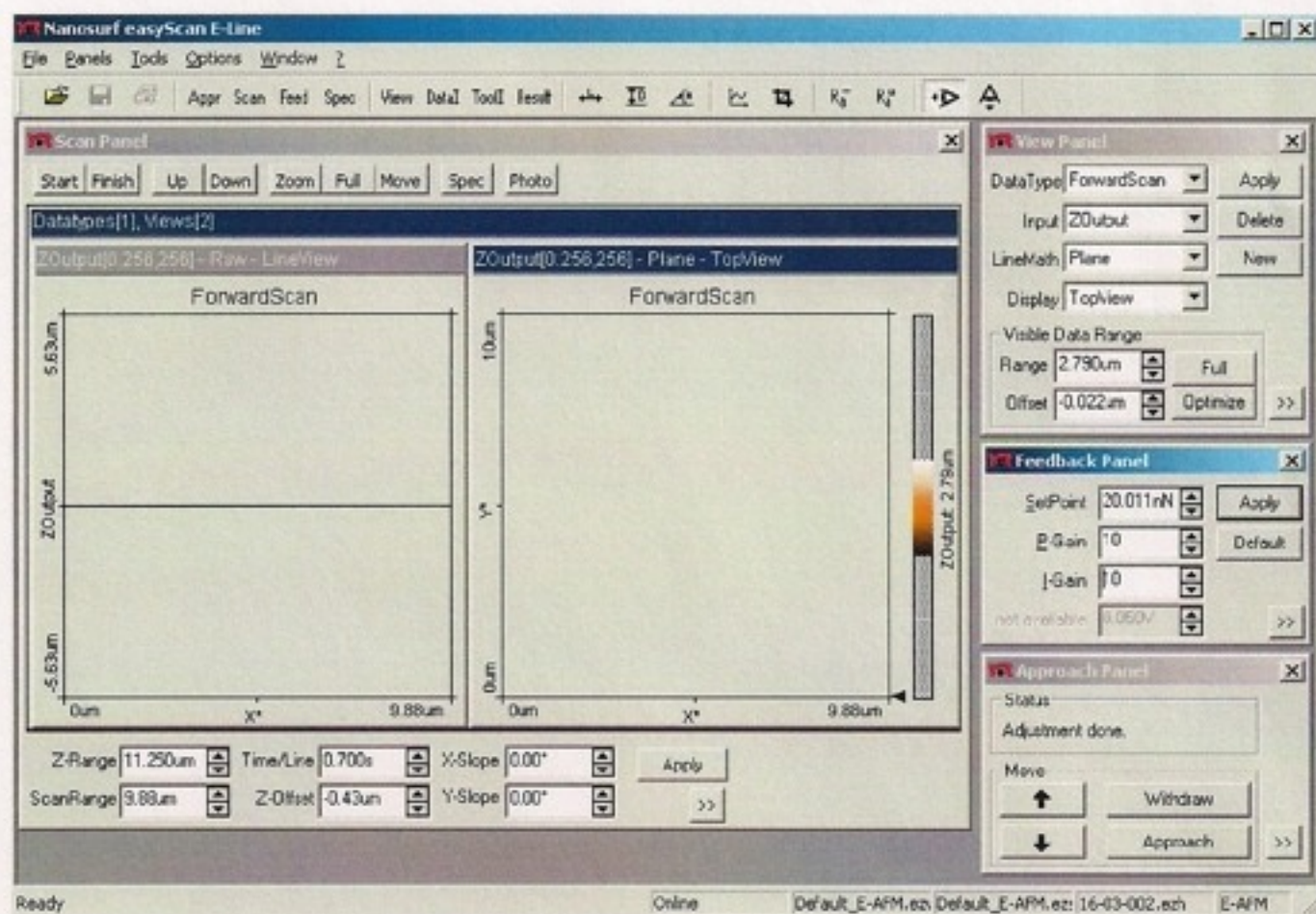


Abb. 9: Programmoberfläche mit den vier Hauptfenstern *Scan Panel*, *View Panel*, *Feedback Panel* und *Approach Panel*.

Einbauen der Probe

Vorbereitung der Probe

Mit dem AFM können alle Materialien untersucht werden, die nicht rauer als der Hub der Spitze ($20\text{ }\mu\text{m}$ in z-Richtung) sind. Trotzdem spielen Auswahl und Vorbereitung der Oberfläche eine wichtige Rolle bei einem definierten Experiment.

Vor der Messung muss darauf geachtet werden, dass die Probe sauber und staubfrei ist. Andernfalls wird die Messung fehlerhaft und im schlimmsten Fall die Spitze beschädigt. Ist die Probe verschmutzt, sollte der Betreuer geholt werden. Keinesfalls darf die Probe mit dem Mund abgeblasen, oder gar von Hand gereinigt werden, da Feuchtigkeit und Fett der Probe schaden können.

Die Probenplattform

Durch Mikrometer-Schrauben lässt sich die Probe auf der kleinen Probenplattform in x- und y-Richtung verstellen.



Abb. 10: Probenplattform/Samplestage mit Probenträger aus Aluminium

Die Probenträger

Kleine Proben sollten auf den Probenträger befestigt werden (Abb. 10). Dies ermöglicht eine einfachere Handhabung der Probe.

Aufbau des Scannerkopfes

Zunächst wird der rote Scanner-Schutz abgeschraubt. Daraufhin werden die drei Rändelschrauben heraus gedreht und der Scanner von der Transportposition (Gewinde) **vorsichtig** auf die Arbeitsposition (Vertiefung) gehoben. Der Sensor ist dabei ungeschützt, wird der Scanner schräg aufgesetzt bricht die Spitze sofort ab. In der Arbeitsposition müssen die Schrauben dann komplett eingeschraubt werden, damit der Scanner-Kopf maximal über der Probenplattform steht.

Annähern der Spitze

Um die Messung zu starten, muss die Sensor-Spitze bis auf einen Bruchteil eines Nanometers an die Oberfläche genähert werden. Dabei darf sie die Oberfläche jedoch nicht mit zu großer Kraft berühren. Deshalb ist der Annäherungsvorgang in drei Schritte unterteilt: Grobeinstellung von Hand, Feinannäherung mit Motor, automatische Annäherung.

Ist die Probe spiegelnd, sollte das Spiegelbild des Cantilevers über die Seitenansicht sichtbar sein. Ist die Probe nicht spiegelnd, sollte der Schatten des Cantilevers sichtbar sein. Ist weder ein Spiegelbild, noch ein Schatten erkennbar kann eine Änderung der Beleuchtung helfen.

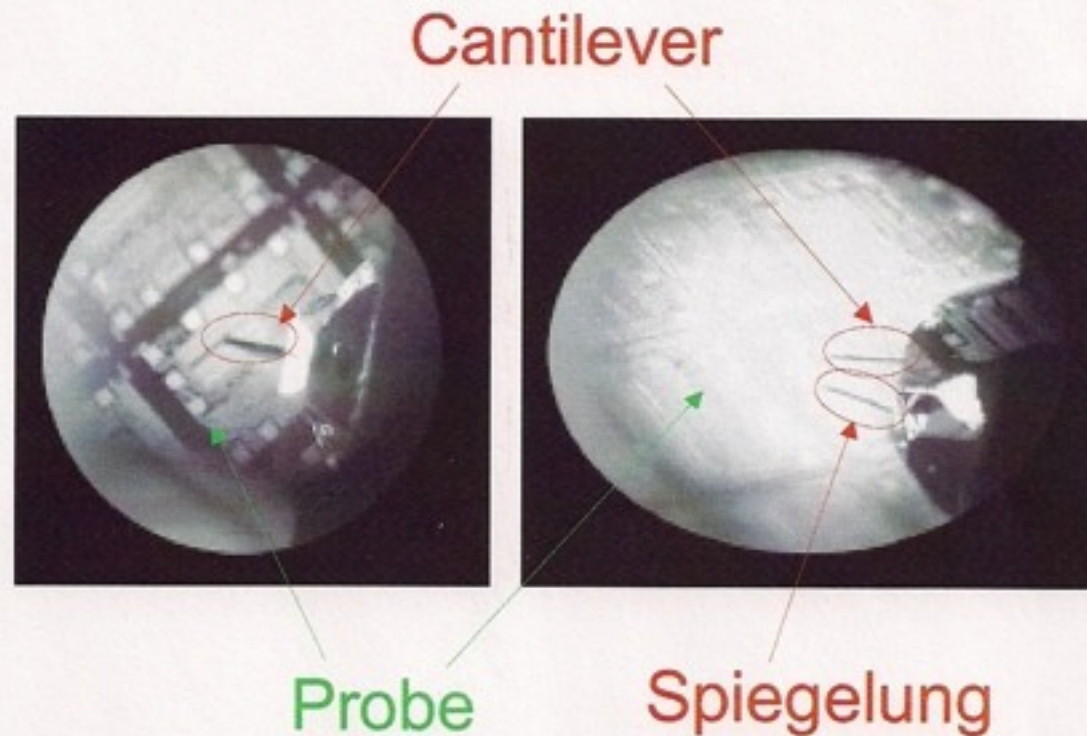


Abb. 11: Lupensystem des AFMs. Links: Draufsicht auf die Probe und den Cantilever (dunkler Balken); Rechts: Seitenansicht auf die Probe und den Cantilever. Der Schatten des Cantilevers (unterer Strich) ist gut erkennbar.

1. Grobannäherung von Hand

- In der Ausgangsposition sollten die drei Rändelschrauben (siehe Abb. 12, rot angedeutet) komplett eingeschraubt sein, so dass der Scanner-Kopf in maximaler Höhe über der Plattform steht.
- Es muss sichergestellt sein dass der Abstand zwischen Spitze und Oberfläche ausreichend groß ist, damit der Cantilever nicht abbricht. Danach wird die Probe vorsichtig unter den Sensor geschoben.
- Die Höhe mit den drei Einstellschrauben so variieren, dass die Spitze etwas 1-2mm über der Probe steht. Alle Schrauben etwa gleich einschrauben, damit der Scan-Kopf waagrecht bleibt.

Der Abstand zwischen der Spitze und der Probe muss stets direkt und mit Hilfe des Lupensystems beachtet werden.

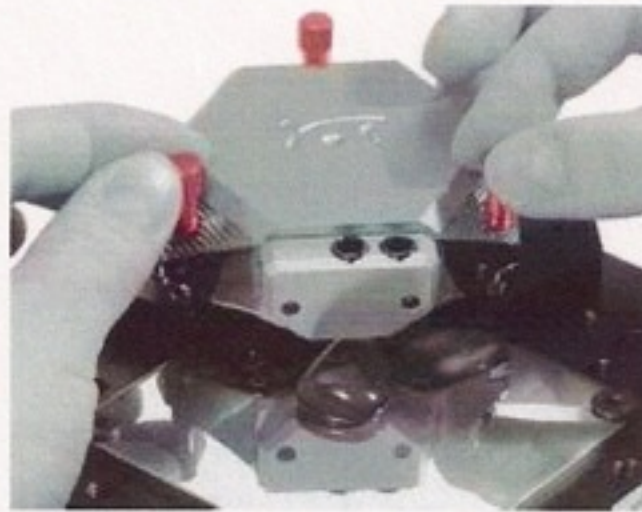


Abb. 12: Grobeinstellung von Hand mit Hilfe der drei Rändelschrauben (rot).

2. Feinannäherung mit dem Linearmotor

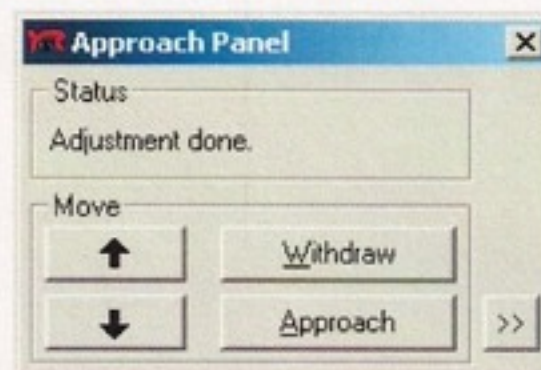
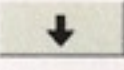


Abb. 13: Approach Panel zur automatischen Annäherung der Spitze an die Probe.

- Auswählen des Fensters *Approach Panel*
- Annähern der Spitze durch Drücken des -Knopfes auf den Bruchteil eines Millimeters. Zwischen Spitze und Spiegelbild soll noch ein erkennbarer Abstand sein.

Wieder muss die Spitze während des ganzen Annäherungsprozesses über das Lupensystem (am Besten in Seitenansicht) beobachtet werden.

3. Automatische Endannäherung

Bei der automatischen Annäherung fährt die Spitze sehr langsam auf die Probe zu, bis die im *Feedback Panel* definierte Kraft (*Set Point*) erreicht ist.

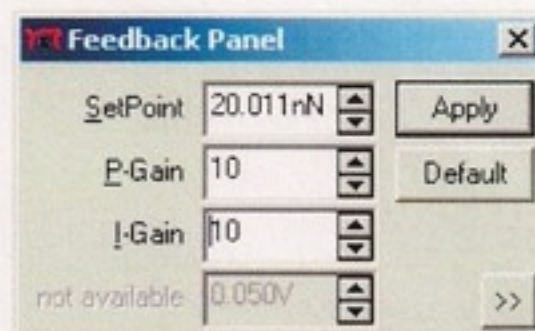


Abb. 14: Feedback Panel zur Einstellung des PI-Reglers

- Überprüfen der richtigen Einstellung:
 - *Set Point*: 20nN, oder weniger
 - *P-Gain, I-Gain*: 10

Der PI-Regler regelt über den Proportional-Regler (*P-Gain*) und den Integral-Regler (*I-Gain*), wie schnell der Schaltkreis auf das Signal der Spitze reagiert. Bei hohen Werten reagiert das System sehr schnell, neigt jedoch zum Schwingen. Bei kleinen Werten kann das System zu Träge sein, um die Oberfläche genau zu scannen. Die Werte sollten so eingestellt sein, dass der Sensor der Topographie noch folgen kann, ohne jedoch ins Schwingen zu geraten.

Durch Erhöhen der Werte um eins, verdoppelt sich die Geschwindigkeit.

Durch Drücken auf **Approach** fährt der Motor die Spitze auf die Probe. Überschreitet das Signal die definierte Kraft, ist die Annäherung beendet. Von jetzt an überwacht die Elektronik den Abstand zwischen Probe und Spitze automatisch.

Starten der Messung

Nach der Annäherung startet das Instrument automatisch mit der Messung (Abb. 15).

Für einen Überblick wird im *Scan Panel* die *Scan Range* auf etwa 30-40 μm eingestellt. Daraufhin wird die Messung aufgezeichnet; im Fenster *Line View* wird das Höhenprofil der aktuellen Linie dargestellt, im Fenster *Top View* die gemessene Fläche als Farbbereich von schwarz über orange nach weiß.

Eine nervöse die Linie im *Line View*, deutet auf Vibrationen hin. In diesem Fall sollte die Messung gestoppt werden und mögliche Störquellen (Tisch, Luftzug, Lichteinfall) ausgeschaltet werden. Dazu wird der **Stop**-Knopf gedrückt; die Messung wird sofort unterbrochen. **Finish** führt die Messung erst zu Ende und stoppt dann die Messung.

Bleibt die Linie ruhig, so kann die Messung fortfahren.

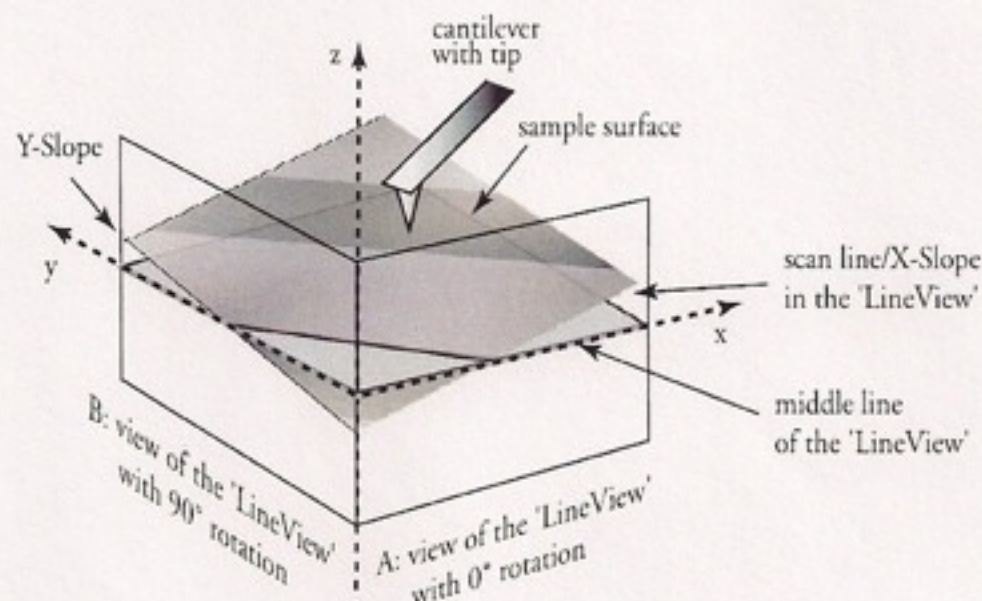


Abb. 15: Orientierung der Probe und der Messung vor Ausrichtung der Probe

Ausrichten der Messebene

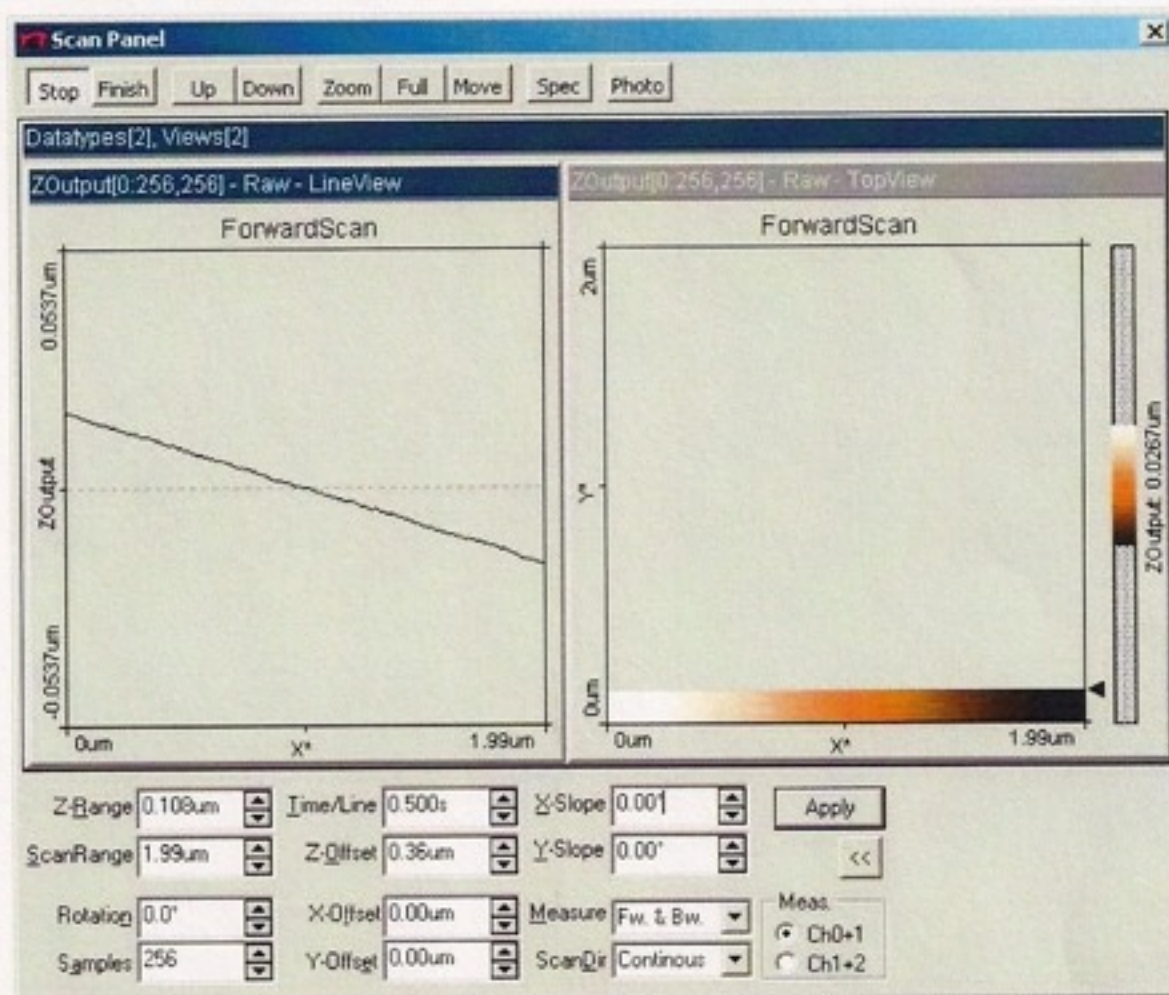


Abb. 16: Messung mit unzureichend ausgerichteter Steigung in X*-Richtung.

Bestenfalls liegen die Ebene der Messung und die Probenoberfläche genau in der x-y-Richtung des Scanners. In den meisten Fällen ist die Probenoberfläche verkippt (siehe Abb. 9). In diesem Fall hat der Proben-Querschnitt eine Steigung in X*-Richtung. Diese Steigung hängt von der X*-Richtung und damit von der Drehung der Messung ab (Punkte A und B in Abb. 15). Die Messebene sollte parallel zur Probenplattform sein, damit das System optimal arbeitet.

Die Messebene kann folgendermaßen ausgerichtet werden:

- Ändern der X-Slope mit den Pfeilknöpfen, bis die X*-Achse horizontal ist
- Drehen der Probe um 90° im Rotation-Fenster
- Ändern der Y-Slope bis die Y* Achse horizontal ist
- Zurückstellen der Rotation auf 0°, so dass Line View wieder die X*-Steigung anzeigt

Der Wert von Z-Offset kann sich während der Messung leicht ändern. Der Wert wird wegen der Option *Auto. Adjust Z-Offset* unter *Options* automatisch an die Probe angepasst.

Eine optimal ausgerichtete Probe ist in Abb. 17 erkennbar.

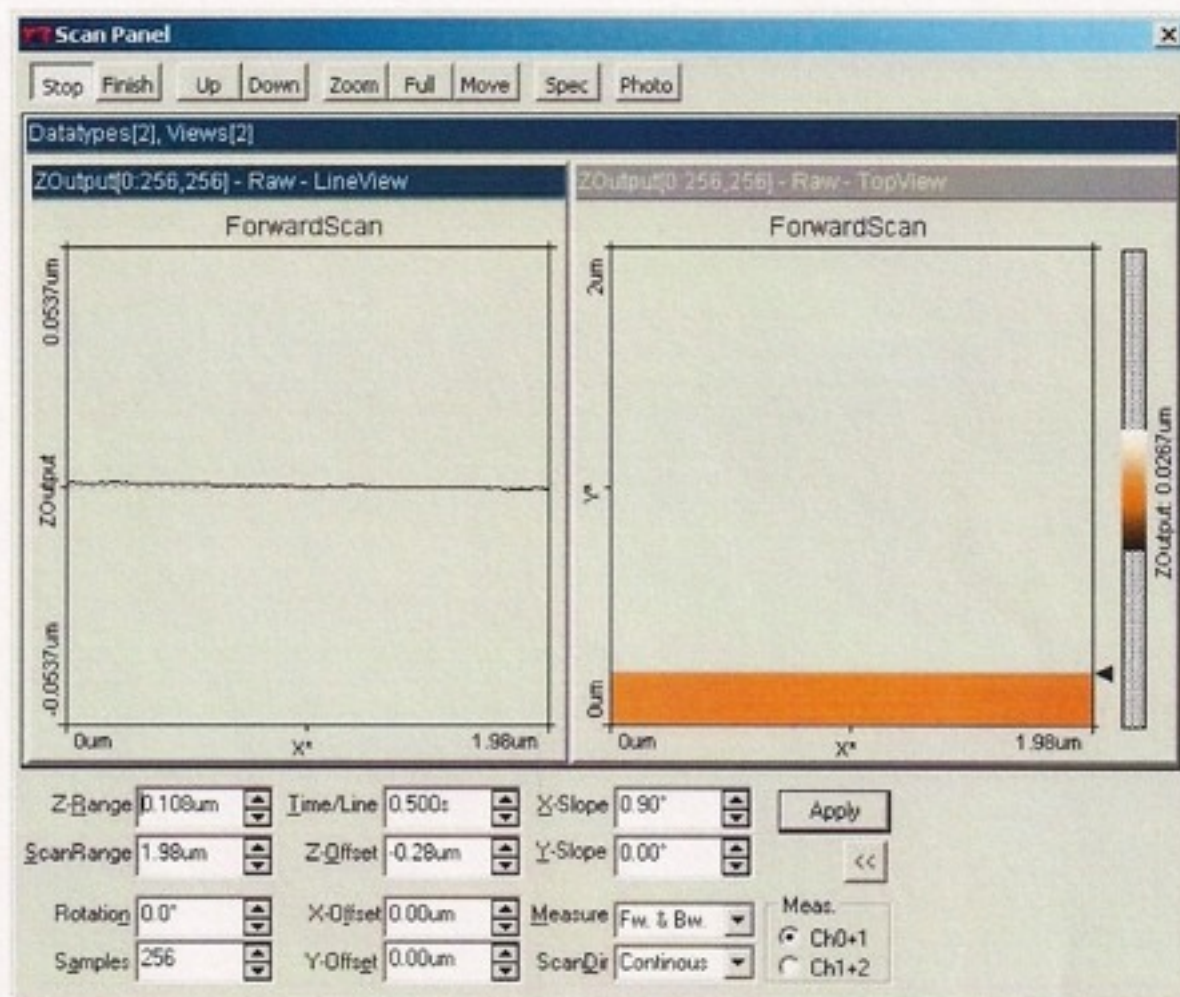


Abb. 17: Line- und Top View nach der Ausrichtung. Im Vergleich zu Abb. 10 ist keine Steigung mehr zu erkennen.

Optimieren der Auflösung

Nachdem die Probe ausgerichtet ist wird der Scan-Bereich (*Scan Range*) verkleinert und die Signale über die *Z-Range* verstärkt, um ein optimales Bild der Oberfläche zu erhalten.

1. Verbesserung der Auflösung durch Verkleinern der *Z-Range* im *Scan Panel* auf etwa $0,3 \mu\text{m}$.

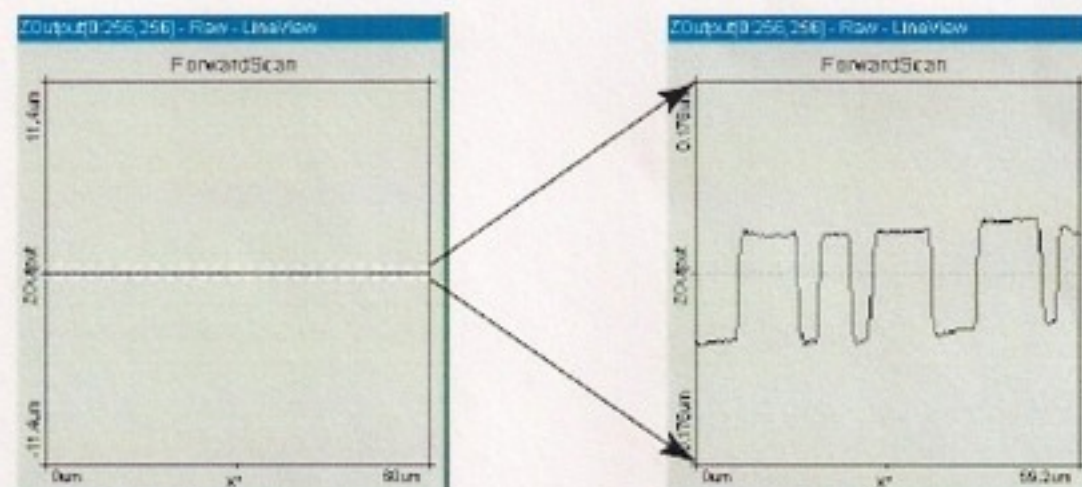


Abb. 18: Verbessern der Auflösung durch Verkleinerung der *Z-Range*

Durch Doppelklicken auf den ausgewählten Bereich wird dieses vergrößert. Mit der rechten Maustaste kann wieder aus dem Bild heraus gezoomt werden.

- Um eine optimale Auflösung zu erhalten, kann mit der *Z-Range* experimentiert werden. Bei Änderung des Wertes ändert sich im *Line View*-Fenster die Höhe des Signals. Sie sollte ausreichend groß sein, jedoch nicht über das *Line View*-Fenster hinausragen, da er sonst außerhalb des Messbereichs ist. Im *Line View*-Fenster werden Werte außerhalb des Messbereichs als rote Linie dargestellt, im *Top View*-Fenster entweder schwarz (unterschreiten des Bereichs), oder weiß (überschreiten des Bereichs).

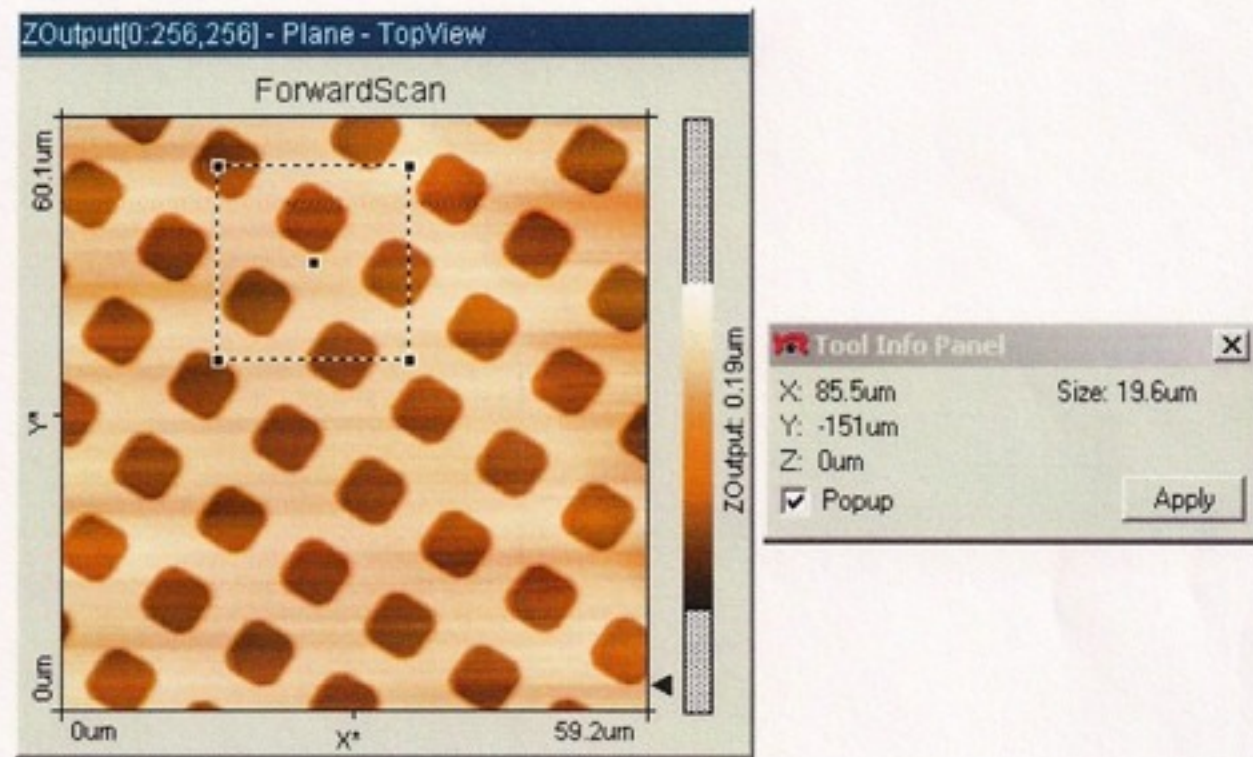


Abb. 19: Auswahl des zu vergrößernden Bereichs im Top View Fenster

- Werte, die über den Farbbereich hinausgehen, d.h. die im *Line View* das Maximum überschreiten, werden im *Top View* gesättigt dargestellt, also entweder Schwarz, oder Weiß.

Die Bildqualität lässt sich im *View Panel* verbessern. Durch klicken auf *Optimize* wird der Farbbereich automatisch auf das gesamte Bild optimiert.

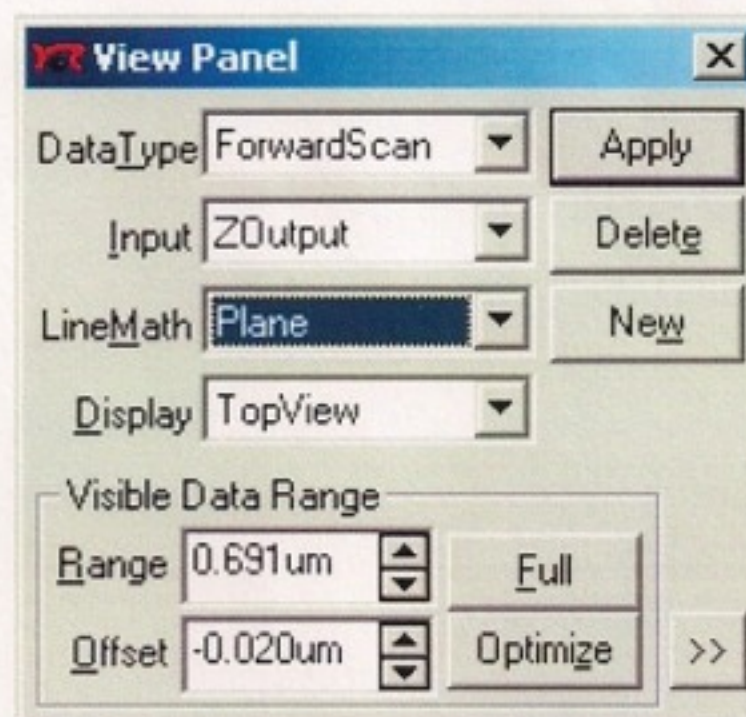


Abb. 20: View Panel; Einstellung der Bildparameter

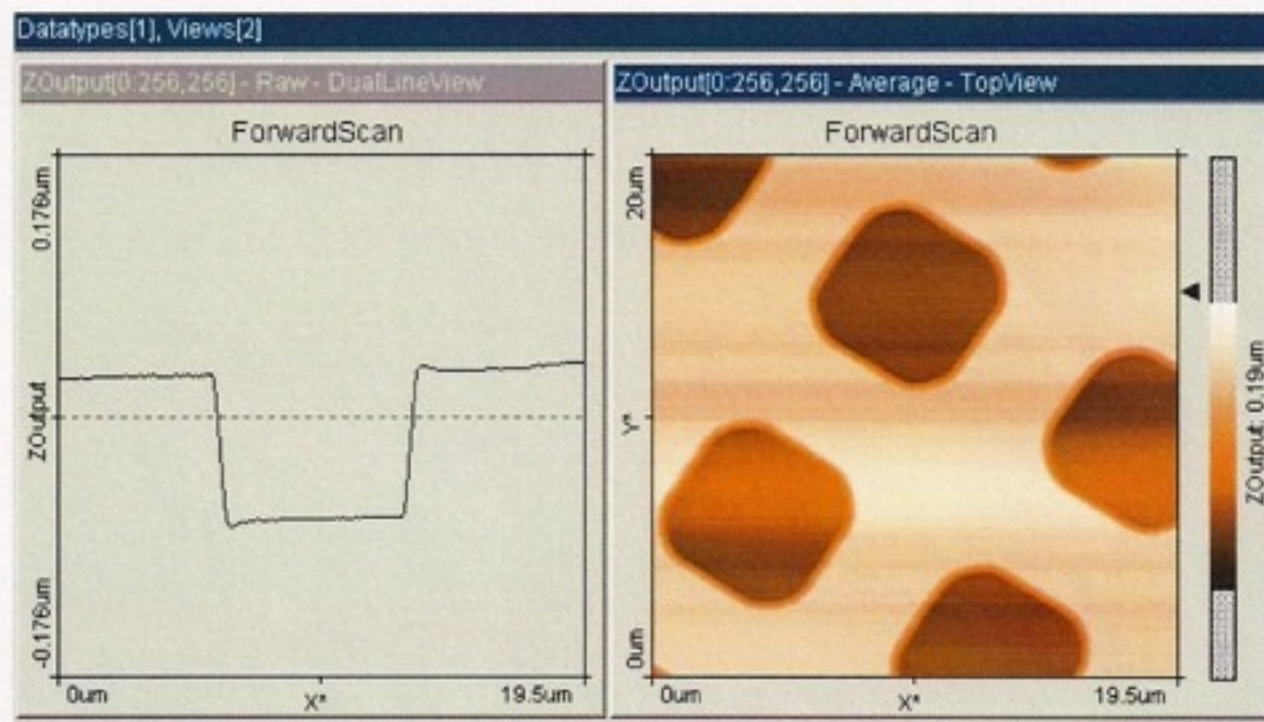


Abb. 21: Bild einer erfolgreichen Messung

Aufnahme der Bilder

Ist das Bild gut geworden, kann es zum späteren Gebrauch gespeichert werden. Während der Messung kann das aktuelle Bild mit dem **Photo** im *Scan Panel* gespeichert werden. Nachdem sich das Bild vollständig aufgebaut hat wird dieses aufgenommen und in einem neuen Fenster gezeigt.

Die mit der Maus aktivierten Messungen können über das Menu *File -> Save as...* gespeichert werden.

! Wichtig: Es wird stets nur das aktive Fenster gespeichert, nicht alle durchgeführten Messungen. Beim Beenden des Programms gehen diese verloren.

Die gespeicherten Messungen können später wieder mit der *easyScan* Software geöffnet, betrachtet und bearbeitet werden.

Beenden Messung

- Drücken Auf **Stop**
- Das Entfernen des Sensors geht analog zur Annäherung. Durch Klicken auf **Withdraw** im *Approach Panel* und anschließendes Klicken auf **↑** entfernt sich der Sensor von der Probe. Den Linearmotor vollständig nach oben fahren. Analog zur Annäherung ist beim Entfernen Umsicht geboten.
- Bilder speichern (siehe „Aufnahme der Bilder“)

Ausschalten und Sichern des Geräts

Nachdem alle Messungen gespeichert sind kann das Programm geschlossen werden. Das AFM wird durch den rot leuchtenden Netzschalter abgeschaltet.

Das AFM anschließend von der Arbeitsposition (Vertiefungen) in die Transportposition (Gewinde) bringen, vollständig einschrauben und den roten Scanner-Schutz anschrauben.

Fehler und Lösungen

Plötzliche Verschlechterung der Bildqualität

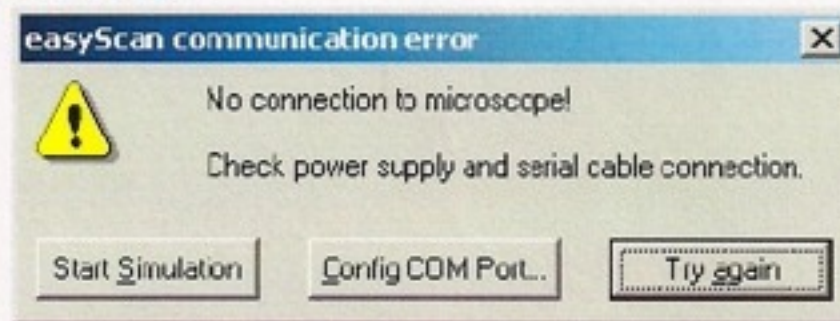
- Wenn sich die Scannerline plötzlich schlecht aufbaut, oder Artefakte auftreten, könnte die Spitze Partikel aufgenommen haben
 - Fortfahren der Messung über ein bis zwei Bilder. Die Spitze kann das Partikel wieder verlieren.

- Hochfahren der Spitze durch Drücken auf Withdraw und erneute Annäherung.
- Leichte Erhöhung des Druck auf die Spitze: Während der Messung die Kraft über Set Point im *Feedback Panel* erhöhen. Wenn sich der Kontrast verbessert, oder auch nach einigen gescannten Bildern nichts passiert, wieder auf den alten Wert (20nN) zurückstellen.

Falls sich das Bild nicht verbessert muss die *Spitze* getauscht werden (Nur vom Betreuer durch zu führen!).

- Wenn die Scanlinie im *Line View* plötzlich verschwindet, hat die Spitze den Kontakt verloren:
 - Vergrößern des Wertes von *Z-Range* im *Scan Panel*
 - Drücken auf Approach im *Approach Panel* und Wiederholung der Schritte von „Start der Messung“

„No connection to microscope!“



Diese Fehlermeldung erscheint, wenn die Scanner-Software auf eine Antwort der Scan-Elektronik wartet. Das kann verschiedene Gründe haben:

- Das Mikroskop ist nicht mit der Elektronik verbunden:
 - Überprüfen der Verbindungen auf richtigen Kontakt und drücken auf Try again
- Die easyScan Elektronik ist nicht an das Stromnetz verbunden:
 - Überprüfen der LED an der Elektronik
 - Stromkabel auf richtigen Kontakt überprüfen
- Die Elektronik ist nicht mit dem PC verbunden
 - Überprüfen der Verbindung
- Die Elektronik arbeitet noch und verursacht eine Unterbrechung
 - Try again
- Die Elektronik ist defekt
 - Betreuer holen

Technical Data

Scan range and resolution

Maximum X-Y-Scan range	60-80 μm
Maximum Z-range	20 μm
Drive resolution XY	1.7 nm

Drive resolution is calculated by dividing the scan range over 16 bits.

Common Scanner Features

Tripod stand alone design

Automatic approach range:	5 mm
Max. approach speed:	0.1 mm/s
Sample size:	Unlimited
Sample observation optics:	Dual lens system (top view / side view)
Optical magnification:	top x12, side x10
Field of view:	top 4x4 mm, side 3x5 mm
Sample illumination:	LEDs
Alignment of cantilever:	Automatic adjustment
Scan head weight:	350 g

easyScan electronics

Max. scan speed:	1800 data points per second
feedback loop bandwidth:	3 kHz
Electronic weight:	2.5 kg
Power consumption:	25 VA

Compatible cantilevers

Manufacturers:	NanoSensors, NanoWorld
Static Force Modes:	0.2N/m, Type: CONTR 1.6N/m, Type: ZEILR
Available tips:	Standard, SuperSharpSilicon, HighAspectRatio, Diamond
Typical static load:	10nN