





Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2
Was ist Raster-Tunnelmikroskopie? Wie funktioniert das Raster-Tunnelmikroskop (RTM) 'easyScan'? Das Besondere an 'easyScan'	2 3 5
Vorbereitungen zur ersten Inbetriebnahme	6
Zusammenbau des Gerätes Installieren der Software Herstellen und Einbauen einer Messspitze Vorbereiten der Probe Einbauen der Probe	8 9 . 13 . 15 . 16
Messen von Graphit	17
Inbetriebnahme des Mikroskops Annähern der Probe zur Spitze Messung starten Angleichen der Messkoordinaten an die Probenlage Atomare Auflösung von Graphit erreichen Messbilder festhalten Beurteilen der Qualität der Bilder	. 17 . 19 . 21 . 22 . 24 . 27 . 28
Ausserbetriebnahme des 'easyScan'	31
Messung beenden und Fotos speichern Ausschalten und Aufbewahren des Gerätes	. 31 . 31
Überlegungen zum Bild der Graphitoberfläche	33
Messen von Gold	34
Wartung	36
Messkopf Scan-Elektronik	. 36 . 36
P&P: Pech und Pannen	37
Technische Daten	41
Index	43

Einleitung

Mikroskopie ist in vielen naturwissenschaftlichen Disziplinen eine faszinierende Technik. Der Einblick in kleinste Dimensionen führt zu immer neueren Erkenntnissen über den Aufbau der Materie und vieler Lebensformen. Mit Hilfe der Raster-Tunnelmikroskope (RTM) wird uns nun sogar ein Einblick in die Welt der Atome ermöglicht.

Diese Anleitung beschreibt die ersten Schritte der Bedienung des RTM 'easy-Scan'. Sie ist bewusst knapp und einfach gehalten und beinhaltet nur die nötigsten Erklärungen zum Verständnis. Das Ziel ist, dass auch Personen ohne vertieftes physikalisches Wissen rasch zu Messbildern mit atomaren Strukturen kommen können.

Was ist Raster-Tunnelmikroskopie?

Dieses Mikroskopie-Prinzip arbeitet ohne fokussierende Elemente. Vielmehr wird eine winzige Drahtspitze so nahe über der Probenoberfläche hin und her gefahren (gerastert), dass dazwischen der sogenannte Tunnelstrom fliessen kann. Damit lässt sich wiederum der Abstand zwischen Probe und Messspitze regeln. Dadurch wird ein unerhörtes Auflösungsvermögen erreicht: Die atomare Struktur der Oberfläche von elektrisch leitfähigem Material kann "abgetastet" und bildhaft dargestellt werden!



Dass dies schier an ein Wunder grenzt, zeigt schon ein Grössenvergleich: Werden Atome auf die Grösse von Tischtennisbällen vergrössert, dann entspricht die im selben Massstab vergrösserte Messspitze einer Bergspitze.

Anfangs der 80-er Jahre entwickelten Gerd Binnig und Heinrich Rohrer am IBM-Forschungslaboratorium in Rüschlikon, Schweiz, dieses völlig neue Mikroskopie-Prinzip. Für ihre bahnbrechende Entwicklung erhielten sie 1986 den Nobelpreis für Physik.

Wie funktioniert das Raster-Tunnelmikroskop (RTM) 'easyScan'?

Beim RTM 'easyScan' ist eine feine Platinspitze auf einer Plattform befestigt, die durch drei Piezokristalle im Nanometerbereich in alle drei Raumrichtungen bewegt werden kann.



EINLEITUNG

Die zu untersuchende Probe wird auf nur einen Nanometer Abstand (1*10⁻⁹m = 1nm) an diese Messspitze herangeführt. Für die Elektronen der Probe und der Spitze ist der Aufenthalt in dieser Zwischenzone gemäss der klassischen Physik eigentlich verboten. Die Zone ist hier jedoch so schmal, dass die Elektronen "hindurchtunneln" können:

Legt man eine kleine Spannung (U~0.1V) an, fliesst auf Grund quantenmechanischer Effekte ein sogenannter Tunnelstrom (I~1nA), den man messen kann. Die Stromstärke steigt exponentiell an, wenn der Abstand zwischen Probe und Spitze verringert wird. Deshalb kann sie als empfindliches Mass für diesen Abstand eingesetzt/genutzt werden.

Nun rastert bzw. scannt man die Messspitze über die Probenoberfläche, d.h. man führt sie in parallelen Linien zeilenweise darüber hin und her.

Im Mikroskop kann ein Regelkreis den z-Piezokristall so steuern, dass der Tunnelstrom, und somit der Abstand zwischen Probe und Spitze, automatisch konstant bleibt (constant current mode).



Die Spitze "tastet" in konstantem Abstand über die Probe (Ansicht von oben dargestellt)

Die Messspitze folgt so der Struktur der Oberfläche. Diese Bewegungen werden durch den Computer in Bilder umgesetzt.



Messbilder von Graphit als Seitenansicht und Aufsicht

Die Oberfläche kann auch auf eine weitere Art gerastert werden: Wenn der Regler (P-/I-Gain) ausgeschaltet bzw. sehr langsam eingestellt wird (P-Gain=0, I-Gain~2), scannt die Messspitze in konstanter Höhe über die Probe (constant height mode). Dabei werden die Änderungen der Stärke des Tunnelstroms aufgezeichnet, welche vom Abstand zwischen Probe und Spitze abhängen, bzw. von der Beschaffenheit der Probenoberfläche. Diese Änderungen können durch den Computer in Bilder umgesetzt werden.

Das Besondere an 'easyScan'

Mit dem 'easyScan' Raster-Tunnelmikroskop können Experimente an Luft ausgeführt werden. Alle Funktionen können bequem vom Computer aus gesteuert werden.

Das Instrument ist sehr kompakt gehalten und für eine möglichst einfache Bedienung konzipiert.

Vorbereitungen zur ersten Inbetriebnahme

In den folgenden Abschnitten wird die Installation des 'easyScan' Raster-Tunnelmikroskopes beschrieben.

Wichtig!

Um Messungen von atomarer Auflösung zu erhalten, müssen bestimmte Geräteteile unbedingt staub- und fettfrei gehalten werden:

- Berühren Sie den Messdraht (7), die Proben (8) und den offenen Teil des Messkopfes (4) nicht mit den blossen Fingern!
- Fassen Sie den Probenhalter (10) nur am schwarzen Kunststoffende mit den Fingern an.

Beachten Sie bitte auch die Hinweise im Kapitel 'Wartung'.

Lieferumfang

Beim Auspacken des Koffers kontrollieren Sie bitte den Lieferumfang. Er beinhaltet mindestens folgende Komponenten:



- 1 Serielles Verbindungskabel zwischen Computer und Scan-Elektronik
- 2 Netzgerät zur Scan-Elektronik
- 3 Abdeckhaube
- 4 Messkopf
- 5 Scan-Elektronik
- 6 Handlupe
- 7 30 cm Pt/Ir Draht für Messspitzen
- 8 Proben: HOPG (Graphit) und dünne Goldschicht
- 9 Installationsdiskette der Messsoftware
- 10- Probenhalter
- 11- Pinzette
- 12- Netzkabel
- 13- Schwingungsdämpfung aus Stein

Ein Testblatt und ein Blatt mit den Kalibrierungsinformationen.

Benötigtes Zusatzmaterial

- Computer mit einer freien seriellen Schnittstelle (COM-Port) und Windows 3.1/95
- Flachzange und Seitenschneider (Als Werkzeugset erhältlich)



• Lösungsmittel zum Reinigen der Werkzeuge (z.B. Ethanol, Aceton)

Zusammenbau des Gerätes

Achtung!

- Überprüfen Sie, ob die Netzspannung mit der Angabe auf dem Typenschild des Netzgerätes (2) übereinstimmt.
- Falls der Netzanschluss nicht gegen Überspannung abgesichert ist, sollten entsprechende Massnahmen getroffen werden.

Wählen Sie als Standort einen stabilen Tisch, an dem Sie ungestört arbeiten können. Damit die einwandfreie Funktion des RTM gewährleistet werden kann, sollte es weder übermässigen Erschütterungen, Temperaturschwankungen noch einem starken Luftzug ausgesetzt sein.



- Stellen Sie den Messkopf (4) auf den Moosgummiring der Schwingungsdämpfung aus Stein (13). Sichern Sie das Kabel des Messkopfes mit der angebrachten Halterung.

- Schliessen Sie den Messkopf (4) an die Scan-Elektronik (5) an.
- Stellen Sie sicher, dass der Computer ausgeschaltet ist. Verbinden Sie nun die Scan-Elektronik (5) mit Hilfe des seriellen Verbindungskabels (1) mit einer freien seriellen Schnittstelle (COM-Anschluss) Ihres Computers.
- Verbinden Sie das Netzgerät (2) mit der Scan-Elektronik (5).
- Schliessen Sie das Netzgerät (2) mit dem Netzkabel (12) an Ihr Stromnetz an:

Die rote LED-Anzeige der Scan-Elektronik (5) blinkt. Das Mikroskop ist angeschlossen.

Installieren der Software

System-Voraussetzungen für 'easyScan':

- PC mit 486DX / 50 MHz Prozessor oder besser (Pentium / 133 Mhz empfohlen)
- 8Mb RAM oder mehr (16 Mb empfohlen)
- Grafikkarte mit einer Auflösung von 800 x 600 Punkten mit 256 Farben (1024 x 768 Auflösung empfohlen)

Installation

- Schalten Sie Ihren PC ein und starten Sie Windows.
- Legen Sie die Diskette (9) in das Laufwerk Ihres Computers ein, z.B. ins Laufwerk 'a:' .
- Starten Sie das Installationsprogramm 'setup.exe' von der Diskette:

Win 95:

 - Aktivieren Sie durch Doppelklick den Inhalt der Diskette und danach das file 'setup.exe'; oder wählen Sie aus dem 'Start'-Menü 'Ausführen...' und geben Sie danach 'a:setup.exe' ein. Bestätigen Sie Ihre Eingabe mit der Schaltfläche 'OK'.

Win 3.1 oder Win 3.11:

- Wählen Sie im Programmanager 'Datei->Ausführen...'
- Geben Sie als Befehlszeilenparameter 'a:setup.exe' ein. Bestätigen Sie Ihre Eingabe mit der Schaltfläche 'OK'.



Weiter für alle Systeme:

- Wählen Sie die Schaltfläche 'INSTALL', um das Messprogramm auf Ihrem Computer zu installieren.

Das Installationsprogramm wird Sie nach dem Verzeichnis fragen, in welches das Messprogramm und die dazugehörigen Dateien kopiert werden sollen:

Target	Directory	×
H	Message Please enter the directory where the easyScan files should be copied into. To accept the default, click OK.	<u>Q</u> K <u>C</u> ancel <u>H</u> elp
	c:\easyScan	Browse

- Akzeptieren Sie den Vorschlag, einen neuen Ordner mit dem Namen 'easyScan' anzulegen mit 'OK'.

Danach werden Sie nach der gewünschten Programmgruppe für 'easyScan' gefragt:



- Akzeptieren Sie den Vorschlag mit 'OK', oder geben Sie einen anderen an. Im Verlauf der weiteren Installation werden Sie nach dem 'COM-Port' gefragt:



- Geben Sie an, an welche serielle Schnittstelle Ihres Computers Sie die Scan-Elektronik angeschlossen haben (s. Kap. Aufstellen und Zusammenbau).

Schliesslich werden Sie nach der Auflösung Ihres Bildschirmes gefragt:



- Wählen Sie die entsprechende Angabe und klicken Sie auf 'OK'.

Nachdem die Installation erfolgreich abgeschlossen wurde, bestätigt Ihnen das Programm dies und Sie finden im neu angelegten Ordner 'easyScan' u.a. das Messprogramm 'easyscan.exe'.

Kalibrierung des Scanners kontrollieren

- Folgen Sie bitte den Angaben auf dem beigelegten Blatt 'calibration information'.

'Simulate microscope'

Sie können das Programm 'easyScan' auch ohne angeschlossenes Mikroskop starten. Dann erscheint der Dialog:



Durch Anklicken von 'Abbrechen' wird eine Mikroskopsimulation aktiviert. Diese bildet die meisten Funktionen des realen Mikroskops nach. Die Probe wird durch eine berechnete Modelloberfläche ersetzt.

Tip:

Es ist empfehlenswert, diese Simulation zu nutzen. Sie können dadurch alle Schritte einer richtigen Messung und das gesamte Messprogramm ohne angeschlossenes Mikroskop ausprobieren!

- Achten Sie darauf, dass im Menü 'Options' 'Simulate Microscope' aktiviert ist. Folgen Sie anschliessend direkt den Anleitungen ab Kapitel 'Mesung starten'.

Herstellen und Einbauen einer Messspitze

Das Schneiden und Einbauen der Messspitze ist der anspruchsvollste Teil der Messvorbereitung. Es braucht meist eine Portion Geduld und etwas Übung, bis man die erste gute Spitze erhält. Nur eine sorgfältig und sauber präparierte Spitze ermöglicht optimale Messungen.

- Reinigen Sie zuerst den vorderen Teil des Seitenschneiders, der Flachzange und der Pinzette (10) mit etwas Ethanol. Fassen Sie den Platindraht (7) nur mit diesen entfetteten Werkzeugen an.
- 2. Greifen Sie mit der Flachzange das Ende des Platindrahtes (7) und schneiden Sie ein etwa 5 mm langes Stück ab.
- 3. Halten sie dieses Drahtstück mit der Flachzange fest.
- 4. Setzen sie den Seitenschneider am einen Ende des Drahtstückes so schräg wie möglich an (s. Bild).
- 5. Drücken Sie den Seitenschneider erst ganz fein zu, bis Sie den Draht dazwischen fühlen. Drücken Sie nun langsam weiter zu, und ziehen Sie ihn dabei gleichzeitig vom Drahtende weg: Die Spitze muss eher abgerissen als abgeklemmt werden, damit sie spitz genug wird.





Achtung:

- Die geschnittene Spitze darf mit nichts in Berührung kommen!
- Die vergoldeten Federn im offenen Teil des Messkopfes sind sehr fein und dürfen nicht hochgebogen werden!
- 6. Fassen Sie den Draht hinter der entstandenen Spitze mit der Pinzette.
- 7. Schieben Sie das stumpfe Ende des Drahtes sorgfältig in die Kerbe unter den Federn des Messkopfes ohne die Federn zu verbiegen.

Tip: Schieben Sie das Drahtende zuerst unter den aufgebogenen Teil der Federn und von dort seitwärts in die Kerbe: s. a) und b):



Montieren der Messspitze

Die Drahtspitze sollte durch die Federn gut in der Kerbe fixiert sein. 2-3mm der frisch geschnittenen Spitze sollten über die Halterung hinausragen.

Die Messspitze ist nun eingesetzt.

Vorbereiten der Probe

Mit dem RTM kann nur elektrisch leitfähiges Material untersucht werden. Um brauchbare Resultate zu erhalten, muss zudem die Probenoberfläche absolut sauber und spiegelglatt sein, was die Materialwahl einschränkt. Je nach Probe ist eine Vorbereitung nötig.

Goldfilm

Eine Reinigung der Probe ist weder nötig noch möglich. Sie darf nicht mit blossen Händen berührt oder auf die Schichtseite abgelegt werden, sonst wird sie rasch unbrauchbar.

Graphit

Es ist empfehlenswert, die Oberfläche der Graphitprobe alle paar Monate zu reinigen. Da Graphit eine besondere Schichtstruktur aufweist, lässt er sich mit Hilfe eines Klebstreifens einfach spalten und damit reinigen (s. Bilder):



- Legen Sie die Probe mit einer Pinzette auf den Tisch.
- Kleben Sie ein Stück Klebstreifen auf den Graphit.

- Ziehen Sie anschliessend den Klebstreifen wieder ab: Eine dünne Lage Graphit sollte daran haften.
- Falls grössere "Graphitflocken" von der Probe abstehen, sollten Sie sie mit der Pinzette entfernen.

Die Probe ist nun bereit für den Einbau in das Mikroskop und darf nicht mit blossen Händen berührt werden.

Einbauen der Probe

- Packen Sie den Probenhalter (10) aus, berühren Sie ihn dabei möglichst nur am Kunststoffende mit blossen Fingern.
- Legen Sie die vorbereitete Probe mit der Pinzette auf die magnetische Fläche des Probenhalters (s. Bild).



- Positionieren Sie den Probenhalter vorsichtig auf den Schienen in der Öffnung des Messkopfes, so dass er die Messspitze nicht berührt (s. Bild oben).

VORSICHT!

Vermeiden Sie beim Einsetzen des Probenhalters starke mechanische Einwirkung auf den Piezomotor.

- Setzen Sie den Probenhalter erst auf die Schienen und anschliessend auf die Auflagen des Piezomotors auf.

Messen von Graphit

Die Vorbereitungen sind abgeschlossen:

Das RTM ist aufgestellt, die Software installiert, eine Messspitze und eine Probe sind eingesetzt.

In diesem Kapitel werden die Anleitungen zur Bedienung des RTM 'easy-Scan' gegeben. Es geht darum, in das Prinzip des Rasterns eingeführt zu werden und erste Messbilder zu erhalten. Detailliertere Erklärungen zur Software und zum Verständnis folgen später.

Wichtig!

- Die Messspitze und die Probenoberfläche dürfen nicht berührt werden! Nur eine sorgfältig und sauber präparierte Spitze und Probe führen zu optimalen Abbildungsbedingungen.
- Die Spitze darf nie in direkten Kontakt mit der Probe treten. Eine solche Berührung zerstört diese feine Spitze schon, und sie muss neu geschnitten werden.

Inbetriebnahme des Mikroskops

- Kontrollieren Sie, ob das Netzgerät (2) der Scan-Elektronik mit dem Netzkabel (12) an ihr Stromnetz angeschlossen ist:

Die rote LED der Scan-Elektronik (5) blinkt oder leuchtet.

- Starten Sie das Messprogramm 'easyscan.exe' auf Ihrem Computer:

Das Hauptprogrammfenster und das Fenster des 'Scan Panel' erscheinen.

Nenosuff easyScan - Simulation Ele Parels Icols Options Window 2 Berels Icols Options Window 2 Berels Icols Options Window 2 Berels Icols Options Window 2			
Start Finish Up Down Zoom Full Datasynes(I) Mews[2] ZOutput(0:128,128]-Raw - LineView For wardScan	an Panel X Move Spec Photo Zoutput (0:128,128) - Ptim - TopView For wardScan	View Panel DataJype ForwardScan Y Apply Input Zoutput Y Delete LineMath Plain Y New Uspila TopView Y	
- 108hm Zürlichult	Bm /ve	Bange 91.37mm T Eull Offset 0.39mm T Optimize << Display Size 256 T Percentage F Axes and tables SetPoint 1.00nA T Apply P-Sain 11 Dordaut	
Brm X= 439mi Z.gange 20.0000m 2 JimeLine 0.165 2 ScanRange 499.03mm 2 Z.gftset 0.00mm 2 Rotation 0.0" * X.offset 0.00mm 2 Samples 128 * Y.offset 0.0mm 2	Unn X* 499ni \$\mathbf{Y}_{\mathbf{S}}\$ Apply \$\mathbf{Y}_{\mathbf{S}}\$ Apply \$\mathbf{Y}_{\mathbf{S}}\$ Apply \$\mathbf{Y}_{\mathbf{S}}\$ Apply \$\mathbf{Y}_{\mathbf{S}}\$ Apply \$\mathbf{Y}_{\mathbf{S}}\$ Apply \$\mathbf{Y}_{\mathbf{S}}\$ \$\mathbf{A}_{\mathbf{S}}\$ \$\mathbf{M}_{\mathbf{S}}\$ \$\mathbf{A}_{\mathbf{S}}\$ \$\mathbf{M}_{\mathbf{S}}\$ \$\mathbf{A}_{\mathbf{S}}\$	LGain 12 GapVoltage 0.050V Approach Panel Steps: 0 Zero Move Yithdraw Approach >>	

Hat vorher die LED der Scan-Elektronik geblinkt, so meldet nun eine Dialogbox 'Downloading code to microscope':



Ihr Computer kommuniziert mit der Scan-Elektronik und tauscht wichtige Daten aus. Dieser Vorgang wird nach jedem Neustart der Scan-Elektronik ausgelöst. Nun leuchtet die LED der Scan-Elektronik rot, und die LED auf dem Messkopf (4) leuchtet orange:

Damit ist das System bereit.

Annähern der Probe zur Spitze

Für die Messung muss die Probe sehr nahe zur Spitze gebracht werden. Diese Annäherung ist heikel und geschieht in den drei unten beschriebenen Schritten. Die LED auf dem Messkopf gibt Auskunft über den Abstand zwischen Probe und Messspitze:

LED leuchtet orange:	Der Abstand ist zu gross, kein Strom fliesst.
LED leuchtet rot:	Die Probe berührt die Spitze, zuviel Strom fliesst.
LED leuchtet grün:	Die Probe ist im Messbereich positioniert, der eingestellte Tunnelstrom fliesst.

1. Grobannäherung von Hand

- Schieben Sie den Probenhalter (10) ganz vorsichtig bis auf ca. einen Millimeter Abstand zur Messspitze.
- Achten Sie darauf, dass die Spitze auf eine spiegelglatte Stelle der Probenfläche gerichtet ist. Eventuell drehen Sie dafür den Probenhalter in eine geeignetere Position.



- Stülpen Sie die Abdeckhaube über den Messkopf, ohne dabei an den Probenhalter zu stossen.

Die Abdeckung schützt den Messkopf vor Zugluft, die besonders im atomaren Messbereich unerwünschte Temperaturschwankungen hervorrufen kann und so die Messung deutlich stört.

2. Schrittweise Feinannäherung mit Piezomotor

- Wählen Sie im 'easyScan' Programm das Menü 'Panels'.
- Öffnen Sie das 'Approach Panel'.
- Beobachten Sie nun den Abstand der Messspitze zur Probe durch die Lupe. Klicken Sie dabei so lange im 'Approach Panel' auf \checkmark , bis die Probe auf Bruchteile eines Millimeters an die Spitze angenähert worden ist.

😰 Approach Panel		
Position —		
Steps: 0	<u>Z</u> ero	
Move		
†	<u>W</u> ithdraw	
►	Approach	>>

Tip: Durch Beobachten des Spiegelbildes der Spitze auf der Probenoberfläche kann der Abstand gut abgeschätzt werden.

- Öffnen Sie im Menü 'Panels' das 'Feedback Panel'.

	Feedback Panel		
<u>S</u> etPoint	1,00nA	▲ ▼	Apply
<u>P</u> -Gain	12		Default
<u>I</u> -Gain	13	▲ ▼	
<u>G</u> apVoltage	0,050V	▲ ▼	>>

- Kontrollieren Sie, ob

- der 'SetPoint' (gewünschter Tunnelstrom) auf ca. 1.00nA eingestellt ist,
- die 'GapVoltage' (Spitzen-Proben-Spannung) 0.05V beträgt,
- der 'P-Gain' auf 12 und der 'I-Gain' auf 13 steht (Regelparameter).

3. Automatische Annäherung

- Klicken Sie im 'App	proach Panel' einmal auf	<u>A</u> pproach
	🕂 Approach Panel	



Der Computer bringt mit Hilfe des Piezomotors den Probenhalter automatisch in den Tunnelbereich der Messspitze. Ist die Annäherung erfolgreich abgeschlossen, schaltet die LED auf dem Messkopf von orange auf grün um. Eine Dialogbox erscheint mit der Meldung 'Approach done'.

- Klicken Sie auf 'OK'.

Nun fliesst der unter 'Set Point' bestimmte Tunnelstrom zwischen Spitze und Probe. Der Abstand dazwischen wird von der Elektronik automatisch geregelt.

Es kann passieren, dass die Probe die Spitze rammt:

Dann leuchtet die LED rot.

In diesem Fall muss die Messspitze neu geschnitten werden: s. Kapitel 'P&P'.

Messung starten

Wenn der mit 'SetPoint' gewählte Tunnelstrom zwischen Spitze und Probe fliesst (LED leuchtet grün), können Sie die Messung starten:

- Klicken Sie im 'Scan Panel' auf **Eul**, um den Messbereich auf die maximale Grösse zu stellen.
- Beginnen Sie nun die Messung, indem Sie im 'Scan Panel' auf **Start** klikken.

Wenn die Vorbereitungen der Spitze und der Probe sowie deren Annäherung erfolgreich waren, erscheinen die Bilder der aktuellen Messung als Linie und Fläche im 'LineView' bzw. im 'TopView'. Beobachten Sie die Displays eine Weile, bis das 'TopView'-Bild zwei- bis dreimal erstellt worden ist.



Unruhiges Startbild und ruhiges Startbild

Ist die Messlinie im 'LineView' unruhig, ist der Messkontakt schlecht.Die Ursache dafür ist meistens eine zu stumpfe oder instabile Spitze. In diesem Fall müssen Sie die Messung anhalten und die Spitze neu schneiden:

- Klicken Sie auf **Stop** und folgen Sie den Anleitungen 'Messspitze neu schneiden' im Kapitel 'P&P'.

Wenn die Messlinie im 'LineView' ruhig verläuft, d.h. Zeile für Zeile reproduzierbar ist, können Sie dem nächsten Kapitel folgen.

Angleichen der Messkoordinaten an die Probenlage

Im 'LineView' sehen Sie einen Querschnitt der Probenoberfläche an der aktuellen Messstelle (=Messlinie); s. Bild mit Ansicht A und B.

Der ideale Rasterbereich für die Messspitze liegt auf der x,y-Ebene des Piezoscanners. Die Probe liegt jedoch meistens etwas schräg dazu. Da die Probenlage nicht direkt korrigiert werden kann, müssen die Messkoordinaten entsprechend angeglichen werden: Durch Anpassen der X/Y-Slopes "kippt" man das Koordinatensystem, so dass die Probe scheinbar auf der x,y-Ebene zu liegen kommt.



Lage der Probe vor dem Angleichen

Sie können die verschiedenen Werte im 'Scan Panel' wie folgt mit Hilfe der Pfeilknöpfe 🚔 schrittweise verändern oder die alten Werte überschreiben. Im zweiten Fall müssen Sie die Eingabe der neuen Werte bestätigen, indem Sie auf Apply klicken oder die 'Enter'-Taste drücken:

- 1. Verändern Sie den Wert für 'X-Slope' mit den Pfeilknöpfen, bis die Messlinie parallel zur x-Achse verläuft.
- 2. Geben Sie bei 'Rotation' den Wert 90 ein, um die Lage der Messebene aus Ansicht B darzustellen.
- 3. Wenn die Messlinie schräg verläuft, verändern Sie den Wert für 'Y-Slope', bis sie parallel zur y-Achse zu liegen kommt.
- 4. Stellen Sie die 'Rotation' wieder auf 0°.

Nun ist der ideale Rasterbereich an die Probenlage angepasst. Der 'LineView' stellt wieder die Ansicht A dar.

Die Werte des Z-Offset ändern während der laufenden Messung automatisch etwas. Dies ist richtig, denn im Menü 'Options' sollte der 'Auto. Adjust Z-Offset' aktiviert sein.

Scan Panel 🛛		
Stop Finish Up Down Zoom Full	Move Spec Photo	
Datatypes[1], Views[2]		
ZOutput[0:128,128] - Raw - LineView	ZOutput[0:128,128] - Plain - TopView	
ForwardScan	ForwardScan	
100mm	493mm	
ZOutput	7%	
В 1 Юпт <u>X</u> * 498nm	Enn X ¹ * 498nm	
Z- <u>R</u> ange 200.000nm 🛓 <u>T</u> ime/Line 0.16s	★ X-Slope 1.50° ★ Apply	
ScanRange 498.22nm Z-Offset 31.92nm	▲ Y-Slope 4.49° ▲ <<	
Rotation 0.0° 🔺 X-Offset 0.0nm	Measure ForwardScan	
Samples 128 Y-Offset 0.0nm	Scan <u>D</u> ir Continuous	

Displayanzeigen nach Anpassung der Messebene

Atomare Auflösung von Graphit erreichen

Sie haben Ihre Messung so vorbereitet, dass in der Mitte des 'LineView' eine gerade, ruhige Linie verlaufen sollte. Nun müssen der Messbereich verkleinert und die Signale verstärkt werden, um Atome zu erkennen.

Zur Erinnerung: Messungen im Nanometerbereich sind sehr empfindlich. Direktes Lampenlicht, schnelle Bewegungen o.ä. in der Nähe des Messkopfes stören die Messung bemerkbar. Am besten lässt man eine erfolgversprechende Messung eine Zeit lang unverändert laufen, damit sie sich thermisch "stabilisiert". Die folgenden Angaben gelten für die Abbildung von Graphit:

1. Verkleinern Sie im 'Scan Panel' den Wert von 'Z-Range' auf 50nm, um den Z-Messbereich auf diesen Grössenbereich zu konzentrieren.



Verkleinern des 'Z-Range' verstärkt die Signale in Z-Richtung

- 2. Schränken Sie den Scan-Ausschnitt wie folgt ein:
- Klicken Sie ins 'TopView'-Display, um sicherzugehen, dass es aktiviert ist: Seine Titelleiste wird farblich hervorgehoben.
- Klicken Sie auf **Zoom**: Der Mauszeiger wird zu einem Kreuz und das 'Tool Info Panel' öffnet sich.
- Suchen Sie im 'TopView' eine "ebene" Stelle (ähnliche Grauwerte) und ziehen Sie dort mit dem Mauszeiger ein Feld auf. Im 'Tool Info Panel' können Sie dessen Grösse (Size) ablesen.
- Lassen Sie die Maustaste los, wenn das Feld 30-50nm gross ist.
- Durch Doppelklick in das Display mit der linken Maustaste bestätigen Sie die Auswahl, und der Ausschnitt wird auf das gesamte Display vergrössert.

Durch Klick der rechten Maustaste können Sie die Zoomfunktion jederzeit abbrechen.



- 3. Atomare Strukturen lassen sich typischerweise bei einem 'ScanRange' von ca. 4nm und einem 'Z-Range' von ca. 1.5nm erkennen:
- Stellen Sie diese Werte im 'Scan Panel' schrittweise ein. Sie können auch weiter verkleinert werden: Probieren Sie aus! Lassen Sie dazwischen immer wieder ein paar Bilder unverändert messen.
- Achten Sie dabei darauf, dass die Höhe des Signals im 'LineView' nicht mehr als einen Drittel des Displays beträgt, sonst ist der Z-Range zu klein gewählt.

Eine Hilfe zur "Grössen"-Vorstellung:

Auf einem Nanometer liegen bei Graphit etwa vier bis acht Atome.

- 4. Die Teile des Messkopfes reagieren auch auf kleinste Temperaturschwankungen. Da diese "Bewegungen" (Drifts) Messungen im Nanometerbereich beeinflussen, muss möglichst schnell gerastert werden:
- Setzen Sie für atomare Messungen 'Time/Line' im 'Scan Panel' auf 0.06s.
- Im 'TopView' wird die Aufsicht auf die Probe dargestellt. Werte, die nicht innerhalb des eingestellten Farbbereichs liegen, erscheinen farbig: Rote Messpunkte sind zu hoch, blaue Messpunkte sind zu niedrig.



- Wenn viele rote und blaue Punkte erscheinen, öffnen Sie das 'View Panel' und klicken bei 'Visible Input Range' auf Optimize.



Gute Bilder einer gelungenen Messung

Messbilder festhalten

Ist Ihre Messung erfolgreich, können Sie besonders gute Bilder auch festhalten und später speichern:

- Wenn sich gerade ein gutes Bild aufbaut, klicken Sie während der laufenden Messung im 'Scan Panel' auf **Photo**: Das Programm wartet, bis das entstehende Bild fertiggestellt ist. Dann legt es provisorisch eine Kopie davon hinter den Panels an.

- Wenn Sie das Bild genau so festhalten wollen, wie es gerade auf dem Display ist, halten Sie die Messung mit **Stop** an und kopieren dann die Darstellung mit **Photo**. Starten Sie anschliessend die Messung wieder.
- Nach Beenden der Messung können Sie die gewünschten Kopien der Fotos einschliesslich ihrer Messdaten auf der Festplatte speichern (s. Kapitel 'Messung beenden und Fotos speichern').

Beurteilen der Qualität der Bilder

An den Messbildern erkennt man die Qualität der Spitze und somit die Qualität des Messkontaktes. Ein guter Messkontakt wiederum ist notwendig um gute Abbildungen von atomarer Auflösung zu erhalten.

• Wenn Temperaturschwankungen (Drifts) die Messung beeinflussen, werden die Bilder verzogen und die verschiedenen Messrichtungen sind durch gestauchte bzw. gestreckte Gitterstrukturen zu erkennen:



Ein aufwärts und ein abwärts gerastertes Bild der selben Messung

Temperaurschwankungen treten auf atomarer Skala stark in Erscheinung. Unterschiede von 1/10°C verursachen bereits eine Ausdehnung z.B. des Probenhalters von einigen Nanometern!

In diesem Fall lohnt es sich, die Messung einfach eine Zeit lang laufen zu lassen (evtl. bis zu einer Stunde).

• Wenn während einer guten Messung der Kontakt plötzlich schlecht wird, hat evtl. die Spitze ein Partikel aufgelesen:



- Lesen Sie im Kapitel 'P&P: Messbilder werden plötzlich schlecht' nach.

In folgenden Fällen muss die Spitze neu geschnitten werden, um einen besseren Tunnelkontakt und somit bessere Bilder zu erhalten:

• Wenn die Bilder im 'TopView' aus verschiedenen Streifen bestehen:



• Wenn die Bilder an einem Rand "verschmiert" sind (hier am linken Rand):



• Wenn jedes Bild anders aussieht:



• Wenn die Messlinien im 'LineView' sehr unruhig und die Bilder im 'TopView' "unscharf" sind:



Ausserbetriebnahme des 'easyScan'

Messung beenden und Fotos speichern

- Um eine Messung anzuhalten, klicken Sie auf die Schaltfläche Stop.
- Durch Anklicken von <u>Withdraw</u> und längerem Anklicken von <u>†</u> im 'Approach Panel' fahren Sie den Probenhalter zurück, bis er sich in einem sicheren, sichtbaren Abstand zur Messspitze befindet.
- Schliessen Sie alle Panels, um die "fotografierten" Messbilder zu sehen.
- Aktivieren Sie durch Anklicken ein Bild, das Sie speichern wollen, und gehen Sie ins Menü 'File': 'Save as...'. Bestimmen Sie den Speicherort und benennen Sie das Bild (max. 8 Buchstaben).

Die gespeicherten Bilder und ihre Daten können im 'easyScan'-Programm jederzeit wieder geöffnet, ausgewertet und ausgedruckt werden (s. Software Referenz).

Ausschalten und Aufbewahren des Gerätes

- Beenden Sie das Programm 'easyScan', wenn Sie alle gewünschten Bilder gespeichert haben.

Falls noch nicht alle kopierten Fotos oder veränderten Bilder gespeichert sind, erscheint folgender Dialog:



Wenn Sie jene Bilder doch noch speichern wollen, klicken Sie auf _____. Wenn nicht, verlassen Sie das Programm mit _____. - Trennen Sie das Netzgerät von der Stromversorgung.

Wenn Sie öfters Messungen machen, können Sie die Apparatur so stehen lassen. Die Abdeckhaube sollte als Staubschutz über dem Messkopf bleiben.

Wenn Sie das Mikroskop mehrere Wochen nicht betreiben, sollten Sie es wieder im Koffer versorgen:

- Entfernen Sie die Probe und den Probenhalter und verpacken Sie alle Geräteteile so, wie Sie sie erhalten haben. Die Messspitze kann dabei im Messkopf gelassen werden.

Durch die Aufbewahrung im Koffer wird das Gerät vor Staub geschützt. Gleichzeitig sollten die Gummifüsse der Schwingungsdämpfung entlastet werden, da sonst ihre Dämpfungswirkung mit der Zeit nachlassen kann.

Überlegungen zum Bild der Graphitoberfläche

Auf einem guten TopView-Bild von Graphit sehen Sie ein "Muster" aus weissen, grauen und schwarzen Stellen. Es wirkt wie ein dreidimensionales Bild von nebeneinander liegenden Kugeln. Achtung, dies sind jedoch nicht genau die einzelnen Atome! Um das Bild deuten zu können, muss beachtet werden, dass weisse Stellen hohe Werte, graue Stellen mittlere Werte und schwarze Stellen Vertiefungen darstellen (ausser im 'LineMath' 'Derive').



Aus dem Gittermodell von Graphit kann man erkennen, dass es zwei verschiedene Kohlenstoffplätze im Kristallgitter gibt: Solche mit einem Nachbar in der darunter liegenden Lage (grau) und solche ohne Nachbar (weiss). Dies hat zur Folge, dass die "Leitfähigkeit" der Atome an der Oberfläche je nach Gitterplatz leicht variiert und diejenigen Atome ohne Nachbar leicht erhöht scheinen.

Deshalb findet man für die Gitterkonstante für Graphit den zu grossen Wert 0.25nm, falls man die Distanz zwischen den "hellen" Hügeln misst.

Messen von Gold

Es ist schwieriger, gute Messbilder von Gold zu erhalten.

Die freien Elektronen an der Oberfläche sind sehr gleichmässig verteilt, somit unterscheiden sich die Messsignale kaum. Atomare Strukturen lassen sich darum selten erkennen. Dafür können mit etwas Übung die atomaren Schichten des Goldes abgebildet werden.



Da die Goldprobe nicht gereinigt werden kann, können während der Messung leicht Partikel an die Spitze gelangen, welche gute Resultate behindern.

Tip:

Bevor Sie Messungen mit Gold versuchen, ist es ratsam, mit Graphit Erfahrungen zu sammeln. Testen Sie auch vorher mit Graphit, ob Ihre Messspitze optimal ist.

- Führen Sie die Vorbereitungen bis und mit dem Anpassen der Messebene nach den Anleitungen für Graphit durch. Beachten Sie dabei zwei Ausnahmen, bevor Sie die Messung starten:

Feedback Panel		
<u>S</u> etPoint	1,00nA	Apply
<u>P</u> -Gain	12	▲ Default
<u>I</u> -Gain	13	▲ ▼
<u>G</u> apVoltage	0,400V	• >>

- Wählen Sie eine 'GapVoltage' zwischen 0.3-0.5V.

- Erhöhen Sie im 'Scan Panel' die 'Time/Line' auf 0.3s.

Wenn Sie trotz einer guten Spitze unruhige Messlinien erhalten, müssen Sie eine neue, sauberere Messstelle finden:

- Versuchen Sie es zuerst durch <u>Withdraw</u> und anschliessend <u>Approach</u>. Wenn dies nichts ändert, fahren Sie den Probenhalter mehr zurück und drehen ihn dort etwas von Hand. Wiederholen Sie danach den Annäherungsprozess.
- Wenn das Messbild ruhig ist, verkleinern Sie den 'Z-Range' auf 50nm und wählen einen 'ScanRange' zwischen 200 und 300nm.

- Verkleinern Sie nun den 'Z-Range' auf 12nm oder kleiner.

Natürlich können Sie gute Messbilder auch vermessen, in sie hineinzoomen, speichern etc.

Wartung

Um eine fehlerfreie Funktion des Messsystems sicherzustellen, müssen die folgenden Hinweise zur Wartung des Instruments beachtet werden.

Messkopf

Achten Sie unbedingt darauf, dass der Probenhalter und die Öffnung des Messkopfes sauber und fettfrei bleiben. Sie dürfen keinesfalls erhöhter Feuchtigkeit aufgesetzt werden, da Korrosionsgefahr besteht.

- Falls jemand den Probenhalter berührt hat, oder er nicht mehr richtig läuft, reinigen Sie ihn mit einem weichen Tuch mit wenig Ethanol daran.
- Reinigen Sie die Auflageflächen für den Probenhalter sowie den Spitzenhalter von Zeit zu Zeit mit einem mit Ethanol benetzten Wattestäbchen.



Scan-Elektronik

Reinigen Sie wenn nötig das Gehäuse und die Frontplatte mit einem weichen Tuch, das sie leicht mit einem milden Reinigungsmittel angefeuchtet haben. Verwenden Sie <u>keinen</u> Scheuerschwamm und <u>keine</u> Lösungsmittel wie Alkohol, Aceton und Benzin.

P&P: Pech und Pannen

'Approach' wird langsamer ausgeführt / stoppt manchmal

- Reinigen Sie den Probenhalter und die zwei Schienen in der Öffnung des Messkopfes mit einem Wattestäbchen, das mit Ethanol benetzt ist. Lassen Sie die Teile gut trocknen.
- Wenn dies keine Verbesserung gebracht hat, erhöhen Sie im 'Approach Panel' den 'Stepsize' um ca. 10% und klicken auf Apply. So bewegt der Motor den Probenhalter in grösseren Schritten vorwärts. Diesen neuen Wert können Sie speichern unter 'File: Parameters: Save'.

Beim 'Approach' rammt die Probe oft die Spitze

In diesem Fall bewegt der Motor den Probenhalter in zu grossen Schritten vorwärts:

- Öffnen Sie das 'Approach Panel' ganz durch Klicken auf 📂.
- Verkleinern Sie unter 'Automatic Move Configuration' den 'Stepsize' um ca. 10%.
- Klicken Sie auf Apply
- Wiederholen Sie die Probenannäherung mit einer neuen Spitze. Falls es wieder zu einem "Zusammenstoss" kommt, verkleinern Sie den 'Stepsize' noch mehr.
- Speichern Sie die beste Schrittgrösse, indem Sie unter 'File: Parameters: Save' wählen.

Messbilder werden plötzlich schlecht

- Wird die Messlinie plötzlich sehr unruhig, hat die Spitze ev. ein Partikel aufgelesen:
 - Lassen Sie ca. 4-5 Bilder weiter messen, vielleicht streift die Spitze die Verunreinigung wieder ab.

- Sie können versuchen, eine Veränderung zuvorderst an der Messspitze auszulösen: Erhöhen Sie bei laufender Messung die 'GapVoltage' im 'Feedback Panel' kurz auf 2V und klicken Sie auf Appty. Stellen Sie die Spannung unmittelbar darauf wieder auf den alten Wert zurück und klicken Sie wieder auf Appty. (Mit Default werden direkt alle Werte dieses Panels auf die Standartwerte für Graphit gesetzt.)
- Sie können einen Spitzenwechsel auch auslösen, indem Sie den 'SetPoint' kurz auf 20nA erhöhen und mit Apply übertragen. Stellen Sie den Tunnelstrom wiederum unmittelbar danach auf den alten Wert zurück und klicken Sie auf Apply.
- Versuchen Sie andernfalls eine neue Messung nach <u>Withdraw</u> und <u>Approach</u>.

Wird das Bild nicht besser, müssen Sie eine neue Spitze schneiden.

- Ist die Linie im 'LineView' plötzlich verschwunden, hat sie den Messkontakt verloren und die LED leuchtet orange:
 - Klicken Sie im 'Approach Panel' auf <u>Approach</u> und wiederholen Sie die Anweisungen im Kapitel 'Messung starten'.
- Wenn die LED des Messkopfes grün-orange blinkt, verliert die Spitze den Kontakt von Zeit zu Zeit. Die Messung sollte angehalten und mit Withdraw und Approach neu gestartet werden.

Messspitze neu schneiden

Nach einem Zusammenstoss der Spitze mit der Probe oder bei unruhigen Messlinien, bzw. schlechten Bildern, sollten Sie wie folgt vorgehen:

- Entfernen Sie die Abdeckhaube.
- Schieben Sie durch Anklicken von <u>withdraw</u>, längerem Anklicken von ↓ und zuletzt von Hand den Probenhalter etwas zurück.
- Ziehen Sie die Messspitze mit der Pinzette sorgfältig unter den Federn hervor.

- Folgen Sie den Anweisungen der Punkte 3. bis 8. im Kapitel 'Herstellen und Einbauen der Messspitze'.
- Wiederholen Sie dann die Vorgänge im Kapitel 'Messen von Graphit'.

Motor läuft langsamer / bleibt manchmal stehen

Wenn der Transport des Probenschlittens durch 🚺 und 🚹 betroffen ist:

 Reinigen Sie den Probenhalter und die zwei Schienen in der Öffnung des Messkopfes mit einem Wattestäbchen, das mit Ethanol benetzt ist. Lassen Sie die Teile gut trocknen.

'No connection to microscope!'



Diese Fehlermeldung tritt auf, wenn die Messsoftware auf ein Kommando innerhalb einer festgelegten Zeitspanne keine Antwort von der Scan-Elektronik erhalten hat. Dies kann mehrere Ursachen haben:

- Das Mikroskop ist nicht angeschlossen:
 - Wenn Sie eine simulierte Messung durchführen möchten, klicken Sie auf Abbrechen. Andernfalls überprüfen Sie alle Verbindungen und klikken auf Mederholen.
- Die Scan-Elektronik ist nicht am Netzgerät angeschlossen:
 - Prüfen Sie die Verbindungen.
- Die Scan-Elektronik ist nicht mit dem seriellen Kabel mit dem Computer verbunden:
 - Prüfen Sie die Verbindung.

- Eine vom Computer ausgelöste Aktion benötigt von der Scan-Elektronik unvorhergesehen viel Zeit. Unter Windows NT ist ev. das Betriebssystem noch mit sich selbst beschäftigt und gibt die serielle Schnittstelle nicht genügend oft frei:
 - Klicken Sie auf Wiederholen.
- Bei der Software-Installation wurde der falsche COM-Anschluss angegeben:
 - Klicken Sie auf Abbrechen und beenden Sie 'easyScan'.
 - Schauen Sie nach, an welchem COM-Anschluss Ihres Computers die Scan-Elektronik angeschlossen ist.
 - Öffnen Sie den Ordner 'easyScan' und anschliessend mit einem Text-Editor die Datei 'Easyscan.ini' .
 - Geben Sie im Abschnitt '[WinSer]' unter 'ComPort= ' den richtigen Anschluss an.

<u>Achtung</u>: Ändern Sie ausser der Nummer des ComPorts <u>keine</u> anderen Daten!

- Speichern und schliessen Sie die Datei. Starten Sie danach das Messprogramm erneut.
- Die Scan-Elektronik ist defekt.
 - Wenden Sie sich an Ihren Verkäufer.

Z-Offset verändert sich nicht automatisch

In der Standardkonfiguration der Software ist unter dem Menü 'Options' der 'Auto. Adjust Z-Offset' aktiviert. Wenn sich der Zahlenwert des Z-Offset im 'Scan Panel' während der Messung nicht automatisch leicht verändert:

- Prüfen Sie nach, ob die Option aktiv ist.
- Eventuell befindet sich die Messspitze nach dem 'Approach' an der Grenze ihres Bewegungsbereichs in z-Richtung. Klicken sie auf Withdraw und danach erneut auf Approach.

Technische Daten

- Rasterbereich typ.: $0.5\mu m \times 0.5\mu m$ in x- und y-Richtung.
- Rasterbereich typ.: 0.2µm in z-Richtung.

(Die exakten Werte sind abhängig von der Eichung der Piezoelemente)

- Messgeschwindigkeit: 60ms je 128 Messpunkte
 Minimale Schrittgrösse: 0.015nm
 Gap-Spannung: ±10V in 5mV Schritten
 Setpoint-Strom: ±100nA in 25pA Schritten
 Regelbandbreite: 3 kHz
- Baudrate Controller-Host: 38400 Bit/s



Index

A

Abdeckhaube 7 Angleichen der Messkoordinaten an die Probenlage 22 Annähern der Probe zur Spitze 19 Approach Panel 20, 21 Atomare Auflösung 24 Aufbewahrung 32 Auflageflächen 36 Ausschalten 31 Auto. Adjust Z-Offset 24 Automatische Annäherung 21

В

Benötigtes Zusatzmaterial 7

С

COM-Anschluss 9, 40 constant height 5

D

Downloading code to microscope 18 Drift 26, 28

E

'easyScan' 3 Einbauen der Probe 16 Einleitung 2

F

Feedback Panel 20 Feinannäherung 20 Fotos speichern 31 Funktion des RTM 3

G

GapVoltage 20 Goldfilm 15 Graphit 15 Graphit, Gittermodell 33 Graphitoberfläche 33 Grobannäherung 19

I-Gain 20 Inbetriebnahme des Mikroskops 17 instabile Spitze 22 Installation 9 Installation des 'easyScan' 6 Installieren der Software 9

Κ

Kalibrierung 12 Korrosionsgefahr 36

L

LED 19 Lieferumfang 6 LineView 22

Μ

Messbilder festhalten 27 Messen 17 Messen von Gold 34 Messen von Graphit 17 Messkontakt 22 Messkopf 7 Messlinie 22 Messprogramm 'easyscan.exe' 11 Messspitze 13 Messspitze neu schneiden 38 Messung beenden 31 Messvorbereitung 13 Mikroskopie 2 Mikroskopsimulation 12 Montieren der Messspitze 14

Ν

Netzgerät 7

INDEX

Netzkabel 7 Netzspannung 8 'No connection to microscope!' 39 Nobelpreis 3

0

Optimize 27 Ordner 'easyScan' 11

Ρ

P&P: Pech und Pannen 37 P-Gain 20 Photo 27 Piezokristalle 3 Platinspitze 3 Probe 15 Probenhalter 7, 16

Q

Qualität der Bilder 28 Qualität der Spitze 28

R

Raster-Tunnelmikroskop 2 Regelkreis 4 Regler 5 Reinigen 13, 36 Rotation 23 RTM 2

S

sauber 36 Save as... 31 Scan Panel 21 Scan Size 26 Scan-Elektronik 7 Schräglage 22 Schwingungsdämpfung aus Stein 7 Seitenschneider 13 serielle Schnittstelle 11 Serielles Verbindungskabel 7 SetPoint 20 Simulate microscope 12 Slope 23 Speichern 27 Spiegelbild 20 Standort 8 System-Voraussetzungen 9

Т

Time/Line 26 Tool Info Panel 25 TopView 22 tunneln 4 Tunnelstrom 4

V

View Panel 27 Visible Input Range 27

W

Wartung 36 Withdraw 31

Х

X-Slope 23 x,y-Ebene 23

Υ

Y-Slope 23

Ζ

Z-Offset 24 Z-Range 25 Zoom 25 Zusammenbau 8

Nanosurf AG Austrasse 4 CH-4410 Liestal

E-Mail info@nanosurf.com

World Wide Web www.nanosurf.com

© Nanosurf AG, 1998 Printed in Switzerland