

Rasterkraftmikroskop

Vorbereitungen

Aufbau

Cantilever

Software

Justage

Messungen

Vorbereitungen

Installation der Software

Das Rasterkraftmikroskop wird am Computer durch die Software *TKAFM* gesteuert. Für die Kommunikation zwischen Software und den elektronischen Komponenten (Photodiode, Piezocontroller) wird die Digital-Analog-Karte DAQ-Max von National Instruments verwendet.

Installieren Sie zuerst die Software *VISA*, dann *Measurement and Automation* von National Instruments auf Ihrem Computer. Installieren Sie dann die AFM-Software *TKAFM*.

Nach erfolgreicher Installation der *Measurement and Automation*-Software lässt sich die Digital-Analog-Karte im Hauptfenster der Software testen, wie in Abbildung 1 dargestellt.

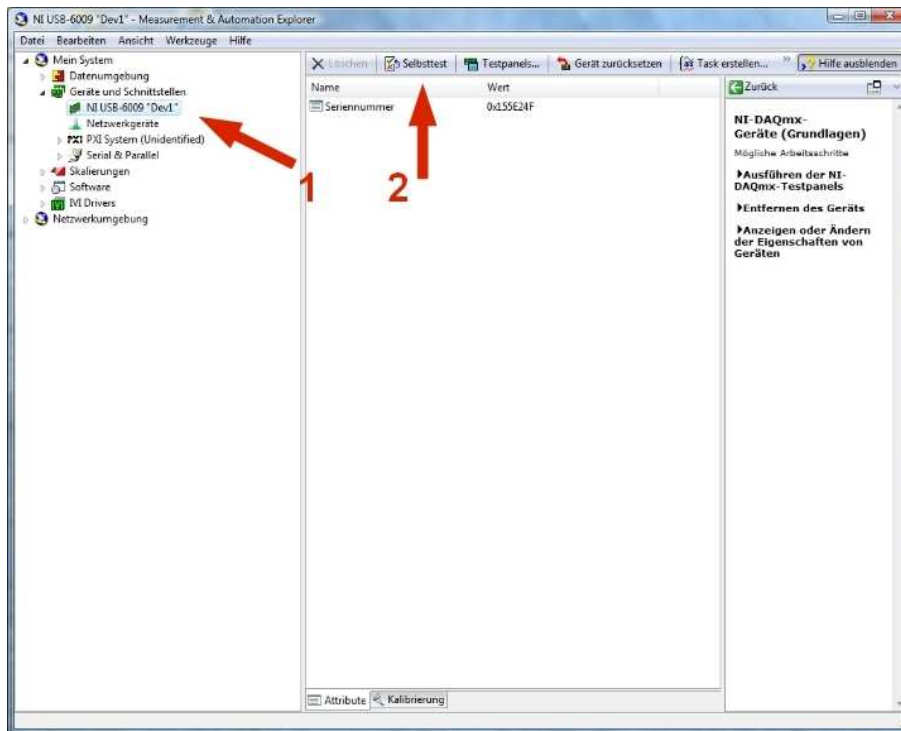


Abbildung 1: Measurement and Automation Software, Selbsttest

Glasfaser cleaven

Als weitere Vorbereitung muss eine Glasfaser gecleavt werden. Das heißt, man bricht die Glasfaser derart, dass eine saubere Schnittfläche entsteht, die senkrecht zur Faserrichtung orientiert ist.

Auf der einen Seite muss die Glasfaser mit einem Stecker versehen sein, damit sie mit dem Faserkoppler verbunden werden kann. Es bietet sich daher an, ein Patch Cable zu verwenden. Dies ist ein Glasfaserkabel, das auf beiden Seiten einen Stecker besitzt. Trennt man dieses Patch Cable in der Mitte durch, so hat man zwei Glasfaserkabel mit jeweils einem Stecker und einem blanken Ende, die man verwenden kann.

Die Seite, an der das Patch Cable durchtrennt wurde, wird bearbeitet. Entfernen Sie dazu mit dem Stripping Tool (FTS3) ca. 10 cm der äußeren Ummantelung. Entfernen Sie danach die feinen Kevlar-Fasern mit der Kevlar-Schere (T865).

Die nun freiliegende Faser ist noch von einer Schutzbeschichtung umgeben. Entfernen Sie an den vorderen 5 cm der Faser diese Schutzbeschichtung mit dem Fiber Stripping Tool (T06S13 - Clad/Coat: 125 µm / 250 µm).

Jetzt ist es möglich die Faser mit einem entsprechenden Werkzeug zu cleaven. Sie haben zwei Fiber-Optic Cleavers zur Auswahl. Der maschinelle Cleaver ermöglicht einen sehr präzisen Schnitt. Falls Sie mit dieser Maschine die Faser cleaven, dann gehen Sie hierbei nach der Anleitung des Fiber Cleavers (XL411) vor.

Falls Sie die Faser mit dem Diamond Wedge Scribe (S90W) schneiden, dann legen Sie die blanke Glasfaser auf eine harte Unterlage. Ritzen Sie vorsichtig mit dem Diamond Wedge Scribe eine Sollbruchstelle in die Glasfaser. Halten Sie dabei den Diamond Wedge Scribe möglichst senkrecht zur Faser. Bei diesem Vorgang (Sollbruchstelle einritzen) darf die Glasfaser nicht durchbrechen! Stoßen Sie jetzt mit einem Gegenstand (z.B. mit dem Diamond Wedge Scribe) gegen das vordere Ende der Glasfaser. Diese sollte dabei an der

Sollbruchstelle abbrechen. Die Qualität der entstandenen Bruchfläche lässt sich mit einem Mikroskop bzw. anhand der Signalstärke im späteren Betrieb beurteilen.

Aufbau

Mechanischer Aufbau:

Montieren Sie zuerst die Positioniereinheit NanoMax 301 (Abbildung 2 (5)) auf einem schwingungsgedämpften Tisch (passive Schwingungsdämpfung).

Bringen Sie danach die drei differentiellen Mikrometerschrauben (DRV002, Abbildung 2 (4a-c)) an den Positioniertisch NanoMax 301 an. Die Mikrometerschrauben sollten nicht vorab an den NanoMax angebracht werden, da sonst einige Befestigungslöcher am NanoMax von den Mikrometerschrauben blockiert wären.

Befestigen Sie die Winkelplattform (AMA009) seitlich am NanoMax. Montieren Sie auf diese Plattform nacheinander den Halterungsblock, den z-Piezo (Abbildung 2 (7)) , den Magnethalter und schließlich den Cantilever-Halter (Abbildung 2 (1)).

Fixieren Sie die 38mm Befestigungsstange (P250/M) neben dem NanoMax auf dem Tisch. Schrauben Sie die Adapterplatte (MT406/M) an die Befestigungsklemme (C1501). Fixieren Sie die einachsige Positionierplattform (MT1) auf der Adapterplatte.

Anmerkung: Die Positionierplattform dient dazu, die Glasfaser an den Cantilever anzunähern. Dabei kann sie im Prinzip in zwei Richtungen montiert werden. Es ist allerdings zu beachten, dass die Positionierplattform bei äußerer Krafteinwirkung nur in eine Richtung fest ist. Dies liegt daran, dass die bewegliche Platte mit einer Feder gegen die Stellschraube gezogen wird. Beim späteren Justieren der Glasfaser kann es passieren, dass man gegen die bewegliche Platte drückt und, je nach Orientierung der Positionierplattform, diese versehentlich auslenkt. Um eine versehentliche Kollision von Cantilever und Glasfaser zu vermeiden, sollte man die Plattform so befestigen, dass die Stellschraube die bewegliche Platte nach oben drückt, also weg vom Cantilever.

Bringen Sie die 12°-Spezialplatte und den 6-achsigen Justierhalter (K6X, Abbildung 2 (6)) an diese Positionierplattform an. Befestigen Sie dann die gesamte Justiereinheit an der Befestigungsstange.

Positionieren Sie die USB-Kamera (Abbildung 2 (8)) seitlich neben dem Nanomax und verbinden Sie diese mit dem Computer. Bei seitlicher Positionierung sieht man recht genau den Abstand zwischen Faser und Cantilever bzw. zwischen Cantilever und Probe.

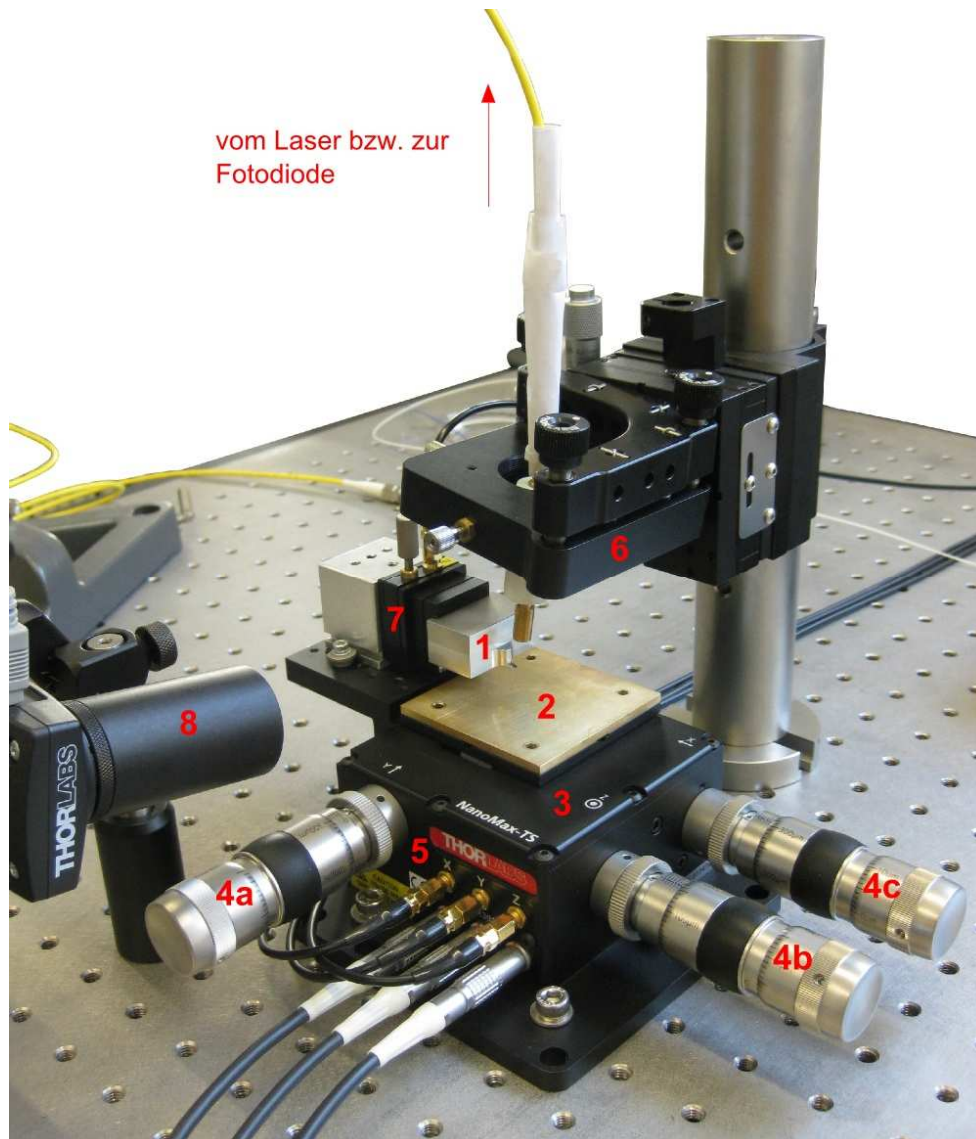


Abbildung 2: Aufbau der Rasterkraftmikroskops

Elektronische Bauteile:

Die drei Piezo-Achsen des NanoMax werden jeweils durch einen Piezo-Controller angesteuert. Ein weiterer Piezo-Controller wird für den z-Piezo benötigt. Diese vier Piezo-Controller (TPZ001) werden auf den USB-Hub (TCH002) gesteckt, welcher selbst auf dem Tisch befestigt werden kann. Über den USB-Hub werden die einzelnen Controller mit Strom versorgt und können über die USB-Verbindung des Hub mit einem Computer verbunden werden.

Verbinden Sie die Ausgänge der Piezo-Controller (HV-Out) mit den entsprechenden Piezo-Achsen am NanoMax.

Sowohl um die Probe für Messungen an den Cantilever anzunähern als auch um die Glasfaser möglichst exakt auszurichten, ist es nötig, den Abstand zwischen Cantilever und Glasfaser periodisch ändern zu können. Schließen Sie dazu einen Funktionsgenerator an den externen

Eingang des z-Piezo-Controllers an. Verbinden Sie ebenso den Funktionsgenerator für spätere Beobachtungen mit einem Oszi.

Optische Bauteile:

Schließen Sie den einen Eingang des Faserkopplers an die Laserquelle an. Verbinden Sie den zweiten Eingang des Faserkopplers mit dem Photodetektor. Dazu benötigen Sie den passenden Faseradapter (SM1FC).

Einer der Ausgänge des Faserkopplers bleibt unbenutzt. Bringen Sie auf diesen Ausgang ein wenig *Index Matching Gel* auf, danach die Schutzkappe. Das *Index Matching Gel* verhindert eine störende Reflektion an der Endfläche des Steckers.

Schließen Sie die *gecleavte Glasfaser* an den zweiten Ausgang des Faserkopplers an.

Die Glasfaser wird auf der gecleavten Seite in einen Fibre Holder (Newport) montiert werden. Führen Sie die Glasfaser zuerst durch die Befestigungsklemme und legen Sie dann die gecleavte Faser vorsichtig in den Fibre Holder ein. Achten Sie darauf, dass das gecleavte Ende der Glasfaser dabei nicht beschädigt wird. Dieses Ende sollte ca. 1 cm aus dem Fibre Holder herausragen. Befestigen Sie die Klemme vorsichtig am Fibre Holder und schließen Sie dann die Klemme. Dies verhindert, dass die Glasfaser versehentlich aus dem Fibre Holder herausgezogen wird.

Cantilever

Der Cantilever ist mit möglichst großer Sorgfalt zu behandeln. Das Befestigen des Cantilevers auf dem Cantilever-Halter erfolgt mit einer Pinzette.

→ abhängig vom Cantilever-Halter.

Software

Vor dem Starten der Software *TKAFM* muss die USB-Verbindung zur Digital-Analog-Karte und zum Piezocontroller-Hub hergestellt werden. Ebenso müssen die Piezocontroller eingeschaltet sein.

Nach dem Starten der Software erscheint das Hauptfenster, wie in Abbildung 3 zu sehen.

In der obersten Zeile sind vier Eingabefelder. Im ersten Eingabefeld ist die Bezeichnung der Digital-Analog-Karte einzutragen. Sofern kein anderes Gerät von National Instruments an den Computer angeschlossen ist, trägt die Digital-Analog-Karte die Bezeichnung *DEVI*. Optional lässt sich die Bezeichnung der Digital-Analog-Karte in der MAX-Software unter der Registerkarte *Geräte und Schnittstellen* ermitteln bzw. ändern. Im Falle einer alternativen Bezeichnung muss diese in das entsprechende Feld eingetragen werden.

Tragen Sie in die anderen drei Eingabefelder die Seriennummern der drei Piezocontroller (x-, y- und z-Achse) ein.

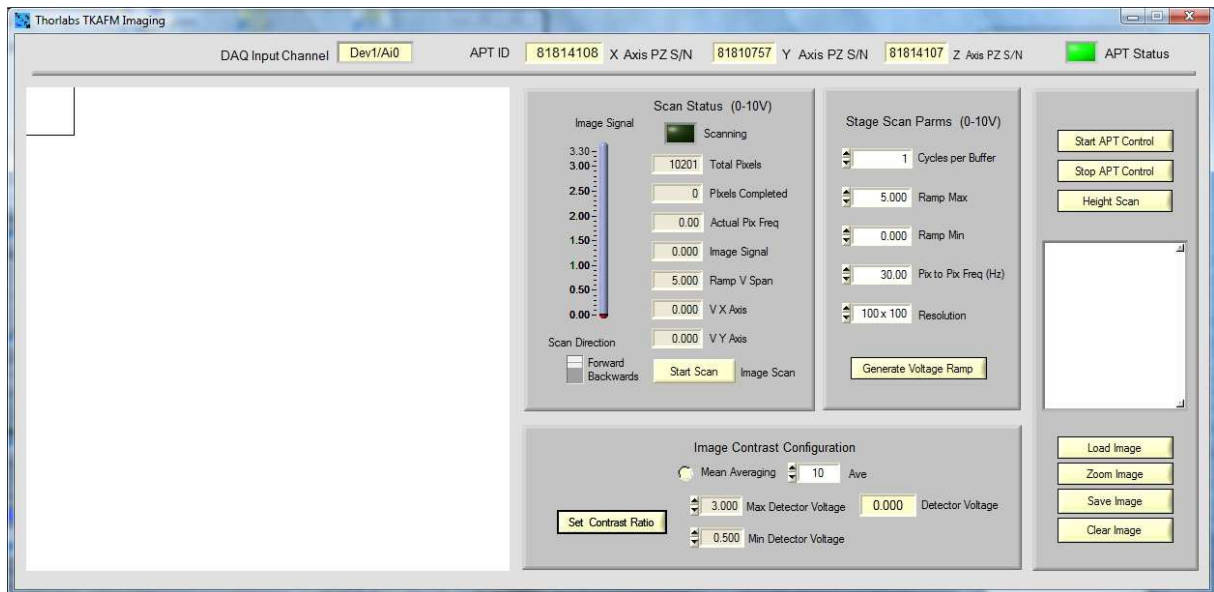


Abbildung 3: Hauptfenster der Software TKAFM.

Justage

Die Faser muss in einem Abstand von ca. 30 μm über dem Cantilever befestigt und möglichst senkrecht auf diesen ausgerichtet werden.

Der Abstand lässt sich über die Translation Stage (MT1) präzise von Hand variieren. Die Orientierung der Glasfaser lässt sich mit dem 6-achsigen Halter (K6X) verändern.

Für die Justierung der Glasfaser sollten vorab die Laserquelle sowie die elektronischen Komponenten und die Software bereits gestartet sein. Verbinden Sie das Ausgangssignal des Photodetektors mit dem Oszi.

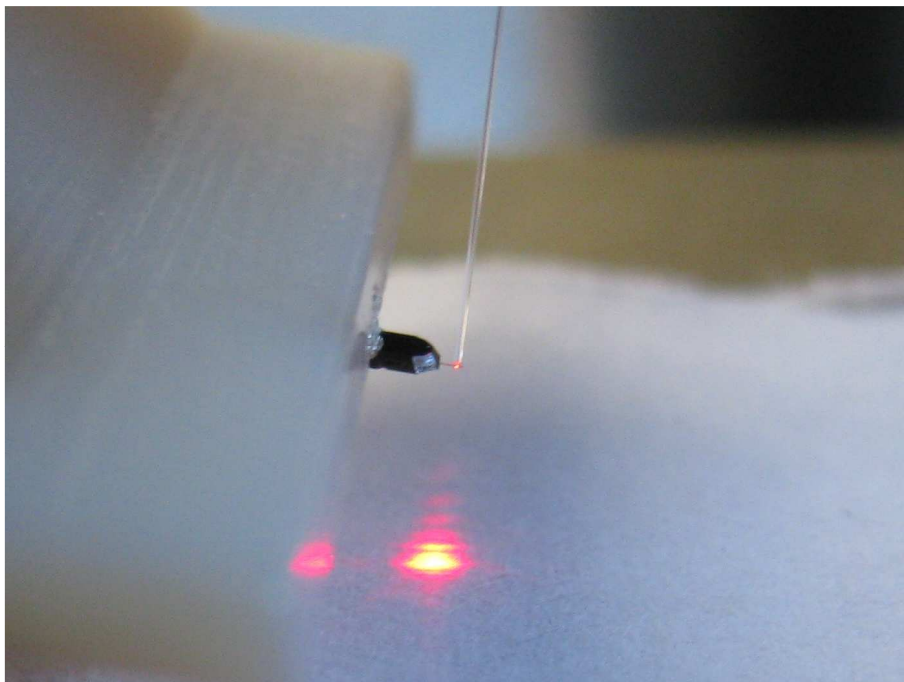


Abbildung 4: Beugungsbild des Cantilevers, beobachtet auf einem Papierstreifen

Gehen Sie für die Justierung folgendermaßen vor:

- i) Richten Sie die Faser grob nach Augenmaß aus, sodass die Glasfaser möglichst senkrecht zur Oberfläche des Cantilevers orientiert ist.
- ii) Nähern Sie die Glasfaser soweit an, bis noch ein geringer Abstand zwischen Glasfaser und Cantilever mit dem bloßen Auge zu erkennen ist.
- iii) Schalten Sie jetzt den Laser mit geringer Leistung ein. Legen Sie zur Beobachtung des Beugungsbildes des Cantilevers einen weißen Papierstreifen vorsichtig unterhalb des Cantilevers auf die Stage, wie in Abbildung 4 zu sehen.
- iv) Positionieren Sie die Glasfaser anhand des Beugungsbildes mittig über der Spitze des Cantilevers (soweit zurück von der Spitze, bis das Beugungsbild im „geraden“ Bereich des Cantilevers ist, wie in Abbildung 5 veranschaulicht).
- v) Stellen Sie den Funktionsgenerator auf eine geringe Frequenz (ca. 2 Hz) und geringe Amplitude (die Amplitude legt fest wie weit der Piezo ausgelenkt wird, dieser Wert sollte entsprechend nicht zu groß gewählt werden.) ein. Schalten Sie den Funktionsgenerator und das Oszi ein.

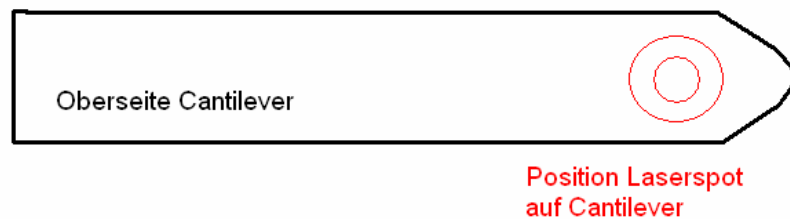


Abbildung 5: Position der Glasfaser auf Cantilever

Sie beobachten nun am Oszi zwei Kurven. Die periodische Kurve mit fester Amplitude ist das Signal des Funktionsgenerators, der die Bewegung des Cantilevers ansteuert. Die zweite Kurve ist das Signal, welches der von der Photodiode gemessenen Intensität entspricht.

Verändern Sie gegebenenfalls die Amplitude des Funktionsgenerators soweit, bis ca. 10-15 Maxima der Intensitätskurve pro halber Periodenlänge des Funktionsgenerators zu beobachten sind, wie in Abbildung 3 zu sehen.

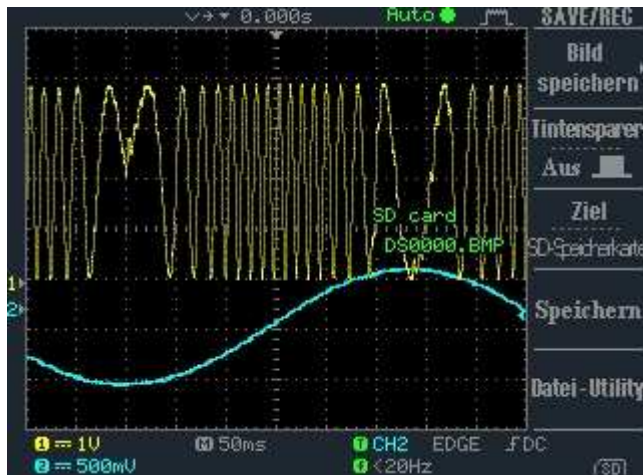


Abbildung 3: gelbe Kurve – Signal an Photodiode, blaue Kurve – Signal Funktionsgenerator

- vi) Verringern Sie nun VORSICHTIG den Abstand zwischen Glasfaser und Cantilever soweit, bis die maximalen und minimalen Werte der gemessenen Intensitätskurve nicht mehr nahezu konstant sind, sondern auf einer Seite (entweder beim Minimum oder Maximum des Generatorsignals) größer sind als auf der entsprechend anderen Seite. In dieser Situation beträgt der Abstand zwischen Glasfaser und Cantilever nur noch wenige Mikrometer. Vergrößern Sie nun den Abstand wieder soweit, bis der Verlauf des Messsignals konstant ist, wie in Abbildung 2 zu sehen.

Um nun beurteilen zu können, wie exakt die Glasfaser ausgerichtet ist, wird das so erhaltene Messsignal nun mit weiteren, auf dieselbe Art erhaltenen Messsignalen verglichen. Mit einem Signal von mehr als 1 Volt kann man bereits Messungen vornehmen, idealer sind 2-3 Volt. Die Orientierung der Glasfaser wird nun von Messung zu Messung leicht verändert. Verändern Sie dazu jeweils diejenige Achse, die am ehesten vom Lot abweicht.

Gehen Sie für die jeweilige Korrektur folgendermaßen vor:

- vii) Vergrößern Sie den Abstand zwischen Glasfaser und Cantilever, bis der Abstand groß genug für die entsprechende Korrektur am K6X ist (einige Millimeter).
 viii) Korrigieren Sie die Orientierung der Glasfaser entsprechend am K6X.
 ix) Nähern Sie die Glasfaser wieder an den Cantilever an und achten Sie dabei auf die Position der Glasfaser über dem Cantilever, wie unter Punkt iv) beschrieben und stellen Sie den Abstand entsprechend Punkt vi) ein.

Die auf diese Weise erhaltenen Messsignale lassen sich bezüglich ihrer Qualität (glatter, gleichmäßiger Verlauf der Intensitätskurve) beurteilen.

Wiederholen Sie diesen Vorgang bis Sie ein entsprechend gutes Messsignal erhalten haben und überprüfen Sie dieses Ergebnis mit einer Messung an einer Probe mit bekanntem Muster, wie zum Beispiel einer Kalibrierprobe.

Messungen

Schalten Sie die Laserquelle sowie die anderen elektronischen Komponenten ein. Lassen Sie die Laserquelle nach Möglichkeit eine Stunde warmlaufen, mindestens jedoch 15 Minuten. Schließen Sie den USB-Hub vor dem Einschalten via USB-Kabel an den PC an. Starten Sie danach die Software TKAFM.

Annähern der Probe an den Cantilever

Befestigen Sie die zu messende Probe auf dem Probenhalter (bzw. auf der Stage). Der Abstand zwischen Probe und Cantilever sollte dabei ca. 1 cm betragen.

Lenken Sie den z-Piezo um eine gewisse Strecke nach oben aus (über Spannungsregler am entsprechenden Piezo-Controller). Die Auslenkung sollte so weit erfolgen, dass der Funktionsgenerator den Piezocontroller durch die externe Ansteuerung nicht in negative Spannungswerte zieht, sondern nur bis zu einer Spannung von annähernd 0 Volt.

Nähern Sie die Probe zuerst mit der groben Mikrometerschraube an. Diese verändert die Höhe der Stage und damit den Abstand zwischen Cantilever und Probe. Beobachten Sie dabei den Abstand zwischen Cantilever und Probe über die Kamera am Computer.

Auf diese Art lässt sich die Probe bis auf einen Abstand von ca. 250 μm an den Cantilever annähern.

Schalten Sie dann den Funktionsgenerator ein (analoge Vorgehensweise wie bei der Justage unter Punkt ν) beschrieben). Der Cantilever-Halter samt Cantilever wird während dieser zweiten Annäherung periodisch in z-Richtung bewegt. Das heißt, der Abstand zwischen Cantilever und Glasfaser variiert periodisch mit einer Frequenz von ca. 2 Hz um eine Weglänge von ca. 1,5 μm .

Abbildung 4 (a) zeigt die Messsignale bei dieser freien Bewegung des Cantilevers über der Probe.

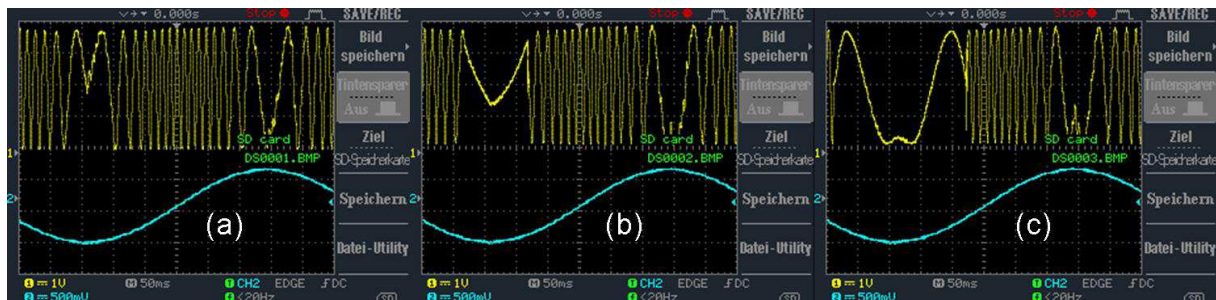


Abbildung 4: Bilder am Oszilloskop während der Annäherung der Probe an den Cantilever.

Nähern Sie nun die Probe mittels feiner Mikrometerschraube an den sich periodisch bewegenden Cantilever an.

Ab einem gewissen Abstand wird die Bewegung des Cantilevers von der Probe eingeschränkt. Konkret wird der Cantilever samt Halter zu seinem tiefsten Punkt bewegt, die Messspitze des Cantilevers wird aber von der Probe aufgrund der repulsiven Kraft zwischen Probe und Messspitze abgestoßen und in ihrer Bewegung nach unten eingeschränkt. Die Folge davon sind weniger Interferenzminima und Interferenzmaxima. Dies kann man am Oszi beobachten, wie in Abbildung 4 (b) und (c) zu sehen ist.

Nähern Sie die Probe soweit an den Cantilever an, bis 3-4 Maxima verschwunden sind.

Schalten Sie jetzt den Funktionsgenerator wieder aus und stellen Sie den Regler am Controller des z-Piezos zurück auf Null Volt (ohne angelegtes externes Signal ist dieser wieder um den zuvor eingestellten Wert ausgelenkt).