

WS2021

---

PPB2

---

AFM

---

Matteo Kumar - Leonhard Schatt

---

Gruppe 3



# Informationen

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| <b>Versuchstag</b>   | 20.09.2021             |
| <b>Versuchsplatz</b> | NW II   Raum 1.2.U1.47 |
| <b>Betreuer</b>      | Marvin Malchau         |
| <b>Gruppen Nr.</b>   | 3                      |

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                  |           |
|----------|----------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Grundlagen</b>                | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>Methodik</b>                  | <b>7</b>  |
| 3.1      | Geräte und Fehler . . . . .      | 7         |
| 3.2      | Versuchsdurchführung . . . . .   | 7         |
| 3.2.1    | Eichgitter . . . . .             | 7         |
| 3.2.2    | CD-Presswerkzeug . . . . .       | 7         |
| 3.2.3    | Nanotubes . . . . .              | 8         |
| 3.2.4    | Goldcluster . . . . .            | 9         |
| 3.2.5    | Oberflächengitter . . . . .      | 9         |
| 3.2.6    | PSPMMA . . . . .                 | 10        |
| <b>4</b> | <b>Auswertung und Diskussion</b> | <b>11</b> |
| 4.1      | Nanoröhrchen . . . . .           | 11        |
| 4.1.1    | Länge und Durchmesser . . . . .  | 11        |
| <b>5</b> | <b>Fazit</b>                     | <b>15</b> |
| <b>A</b> | <b>Anhang</b>                    | <b>16</b> |
| A.1      | Nanoröhrchen . . . . .           | 16        |
| A.2      | Nanoröhrchen . . . . .           | 16        |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>      | <b>18</b> |



# **1 Einleitung**

## **2 Grundlagen**

## 3 Methodik

### 3.1 Geräte und Fehler

Rasterkraftmikroskop: Inventarnummer: 88459

Steuerelektronik: Inventarnummer: 88080

Cantilever (Contact Mode): NANOSENSORS type PPP-CONTR-C, S/N 78932F10L995, vom 31.7.14, Set 5

Cantilever (Non-Contact): NANOSENSORS, Type PPP-NCLR-10, S/N 66017F4L734

Eichgitter: Nummer: BT00250, x-y-Periodizität: 10,0  $\mu\text{m}$ , z-Höhe: 119nm, Batch: 2003-03-29.2 Diverse Proben: Nanosurf Extended Sample Kapitel

Oberflächengitter: Gitter(1.9.14)

### 3.2 Versuchsdurchführung

#### 3.2.1 Eichgitter

| Modus       | Contact Mode        |
|-------------|---------------------|
| Image size  | 62,65 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 2s                  |
| Points/Line | 512                 |
| Setpoint    | 15 nN               |
| P-Gain      | 10000               |
| I-Gain      | 1000                |
| D-Gain      | 0                   |

#### 3.2.2 CD-Presswerkzeug

50 $\mu\text{m}$

| Modus       | Contact Mode        |
|-------------|---------------------|
| Image size  | 50,00 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 2s                  |
| Points/Line | 512                 |
| Setpoint    | 15 nN               |
| P-Gain      | 10000               |
| I-Gain      | 1000                |
| D-Gain      | 0                   |

### 3 Methodik

#### 20 $\mu\text{m}$

| Modus       | Contact Mode        |
|-------------|---------------------|
| Image size  | 19,34 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 2s                  |
| Points/Line | 512                 |
| Setpoint    | 15 nN               |
| P-Gain      | 10000               |
| I-Gain      | 1000                |
| D-Gain      | 0                   |

#### 3.2.3 Nanotubes

#### 15 $\mu\text{m}$

| Modus       | Contact Mode        |
|-------------|---------------------|
| Image size  | 15,00 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 1,3s                |
| Points/Line | 512                 |
| Setpoint    | 3,02 nN             |
| P-Gain      | 10000               |
| I-Gain      | 1000                |
| D-Gain      | 0                   |

#### 2 $\mu\text{m}$

| Modus       | Contact Mode        |
|-------------|---------------------|
| Image size  | 2,168 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 1,3s                |
| Points/Line | 512                 |
| Setpoint    | 3,02 nN             |
| P-Gain      | 10000               |
| I-Gain      | 1000                |
| D-Gain      | 0                   |



**3.2.4 Goldcluster****2,5  $\mu\text{m}$** 

|             |                   |
|-------------|-------------------|
| Modus       | Non-Contact Mode  |
| Image size  | 2,5 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 1s                |
| Points/Line | 512               |
| Setpoint    | 60%               |
| P-Gain      | 10000             |
| I-Gain      | 1000              |
| D-Gain      | 0                 |

**1,5  $\mu\text{m}$** 

|             |                   |
|-------------|-------------------|
| Modus       | Non-Contact Mode  |
| Image size  | 1,5 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 1s                |
| Points/Line | 512               |
| Setpoint    | 70%               |
| P-Gain      | 10000             |
| I-Gain      | 1000              |
| D-Gain      | 0                 |

**0,375  $\mu\text{m}$** 

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| Modus       | Non-Contact Mode    |
| Image size  | 0,375 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 1s                  |
| Points/Line | 512                 |
| Setpoint    | 70%                 |
| P-Gain      | 10000               |
| I-Gain      | 1000                |
| D-Gain      | 0                   |

**3.2.5 Oberflächengitter**

|             |                  |
|-------------|------------------|
| Modus       | Non-Contact Mode |
| Image size  | 20 $\mu\text{m}$ |
| Time / Line | 1,75s            |
| Points/Line | 512              |
| Setpoint    | 60%              |
| P-Gain      | 10000            |
| I-Gain      | 1000             |
| D-Gain      | 0                |

### 3.2.6 PSPMMA

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| Modus       | Non-Contact Mode, Phase Contrast |
| Image size  | 2 $\mu\text{m}$                  |
| Time / Line | 1s                               |
| Points/Line | 512                              |
| Setpoint    | 70%                              |
| P-Gain      | 10000                            |
| I-Gain      | 1000                             |
| D-Gain      | 0                                |

## 4 Auswertung und Diskussion

### 4.1 Nanoröhrchen

Dieser Versuchsteil widmet sich der Untersuchung der Nanoröhrchen. Diese sind Kohlenstoffnanoröhre, welche auf einem Silizium-Wafer fixiert wurden. Ziel dieses Versuchsteiles ist es den Krümmungsradius der Spitze zu bestimmen.

#### 4.1.1 Länge und Durchmesser

##### Länge

Um die Länge einzelner Nanoröhrchen zu bestimmen, haben wir eine Aufnahme mit  $\mu\text{m}$  als Seitenlängen gemacht. In dieser haben wir uns dann angeschaut, welche Längen unterschiedlich lange Kohlenstoffnanoröhren haben. Dazu bestimmt man mit dem Distanzmessen-Tool der Software "Gwyddion"<sup>1</sup> die Länge möglichst gerader Nanoröhrchen bestimmt.

Die Abbildung 4.1 zeigt die oben genannte Aufnahme. Dabei kann man sehr schön die langgezogenen Fäden sehen. Welche dabei zum Vermessen verwendet wurden kann man Abbildung A.1 im Anhang entnehmen.

Dabei wurden folgende Werte aus Tabelle 4.1 gemessen. Die Fehlerrechnung kann man bei diesem Versuchsteil vernachlässigen, weil die Ablesefehler so groß sind, dass der Fehler des Messgeräts vernachlässigbar klein ist.

Man erkennt, dass die Röhren sehr stark in ihrer Länge  $l$  variieren.

$$\frac{l_{\text{Min}}}{l_{\text{Max}}} = 0.1053209772450975 \quad (4.1)$$

Die maximale relative Unterschied in der Länge  $l$  liegt bei einem Faktor 10. Dabei sind die Längen für die langen Nanoröhrchen, welche wir gemessen haben, noch nicht mal mehr lang. Diese können in Extremfällen bis zu einem halben Meter lang werden (Dagani (2002)).

---

<sup>1</sup><http://gwyddion.net/>

#### 4 Auswertung und Diskussion

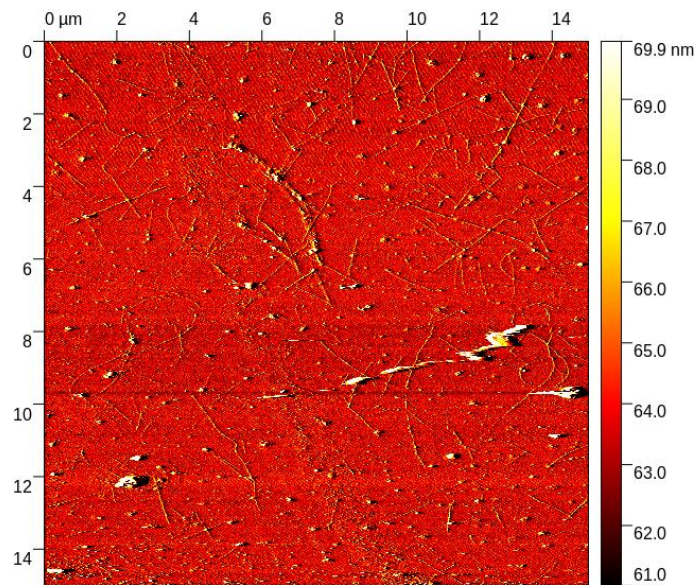


Abbildung 4.1: Nanoröhrchen bei einer Bildgröße von  $15 \times 15 \mu\text{m}$

| Röhrennummer | Länge (nm)  |
|--------------|-------------|
| 0            | 2883.356990 |
| 1            | 2374.311001 |
| 2            | 1334.675325 |
| 3            | 3050.027331 |
| 4            | 3753.622286 |
| 5            | 860.953983  |
| 6            | 1583.743021 |
| 7            | 1896.066545 |
| 8            | 1542.800585 |
| 9            | 590.530693  |
| 10           | 464.776631  |
| 11           | 4412.954027 |

Tabelle 4.1: Längenmessung der Nanoröhrchen

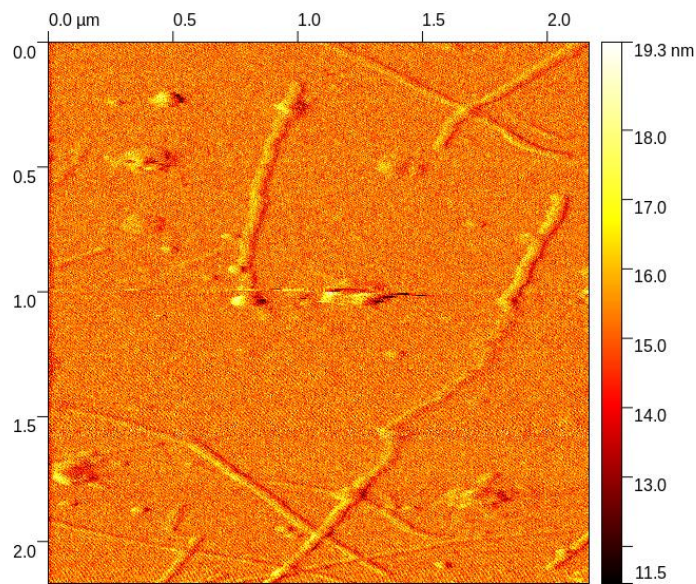


Abbildung 4.2: Nanoröhrchen in einer Auflösung mit 512x512 Bildpunkten auf 2x2µm

### Radius der Röhre

Man muss sich Nanoröhrchen wie lange Röhren vorstellen, welche eine kreisförmige Grundfläche haben. von dieser wollen wir nun den Radius bestimmen. Da das Abtasten aber einen Kreis mit anderem Radius ergibt (siehe Grafik referenz) muss man statt diesen Radius zu bestimmen, einfach den Höhenunterschied der des Hochpunktes der Röhre zum normalen untergrund bestimmen. Lieder ist des Untergrund des Silizium-Wavers keineswegs Glatt ist, ist es schwer den Unterschied exakt zu messen. Der Fehler im Ablesen der Werte dominiert den Fehler bei weitem.

Dafür wird ein Röhrchen senkrecht mit einer Linie geschnitten. Auf dieser Linie betrachtet man dann das Höhenprofil der Aufnahme. Wir haben dafür die Linie, wie in Abbildung A.2 zu sehen, gewählt. Damit erhält man den Querschnitt, der in Abbildung 4.3 dargestellt wird.

Aus diesem bestimmt man grafisch den Höhenunterschied. Dieser entspricht dann zwei Mal dem Radius  $r$  der Röhre. Dabei wird der Fehler großzügig mit 15% des Wertes angegeben.

$$r = \frac{\Delta z}{2} = \frac{2,6\text{nm}}{2} = 1,3\text{nm}$$

Durch das halbieren halbiert sich auch der Ablesefehler.

$$\Rightarrow r = (1,300 \pm 0,098)\text{nm}$$

## 4 Auswertung und Diskussion

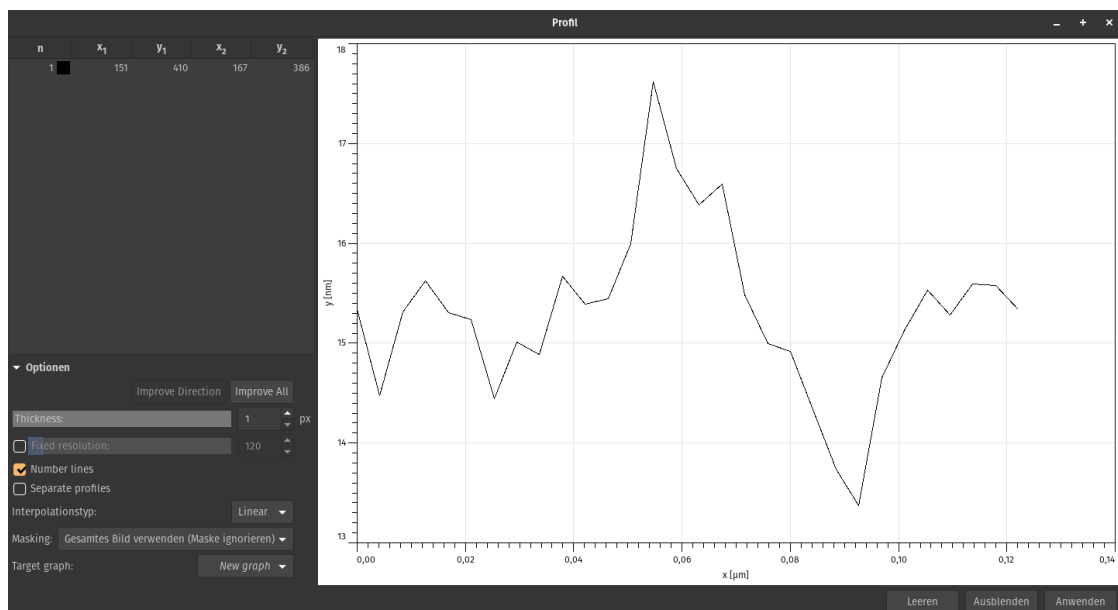


Abbildung 4.3: Querschnitt eines Kohlenstoffröhrchens

### Krümmungsradius der Spitze des Cantilevers

## **5 Fazit**

# A Anhang

## A.1 Nanoröhrchen

## A.2 Nanoröhrchen

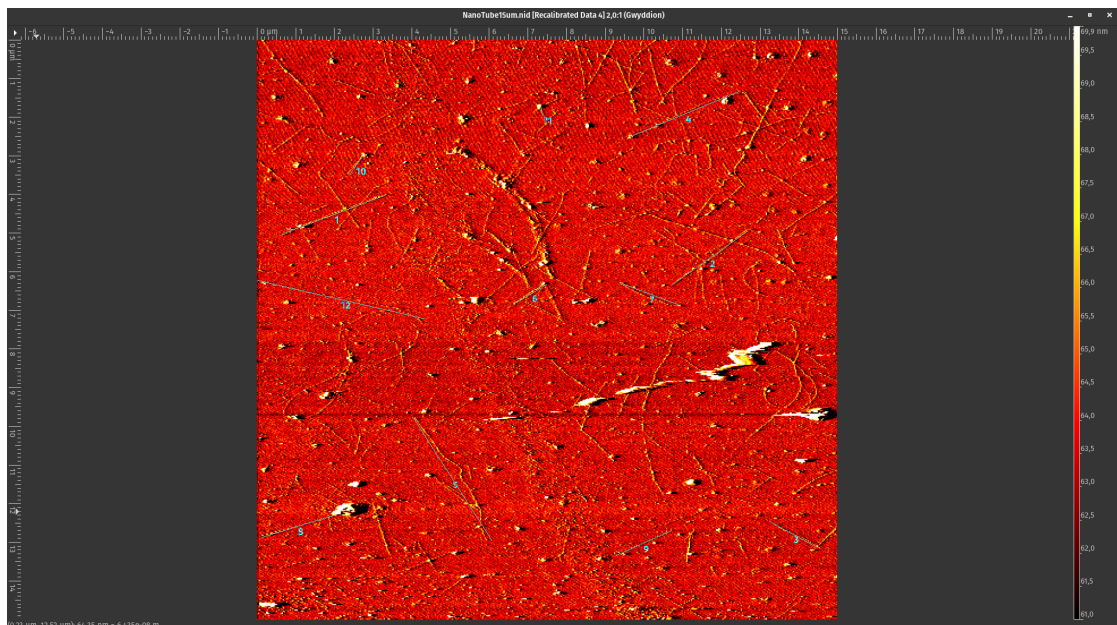


Abbildung A.1: Nanoröhrchen und die zur Vermessung der Länge gewählten Distanzen



## A.2 Nanoröhrchen

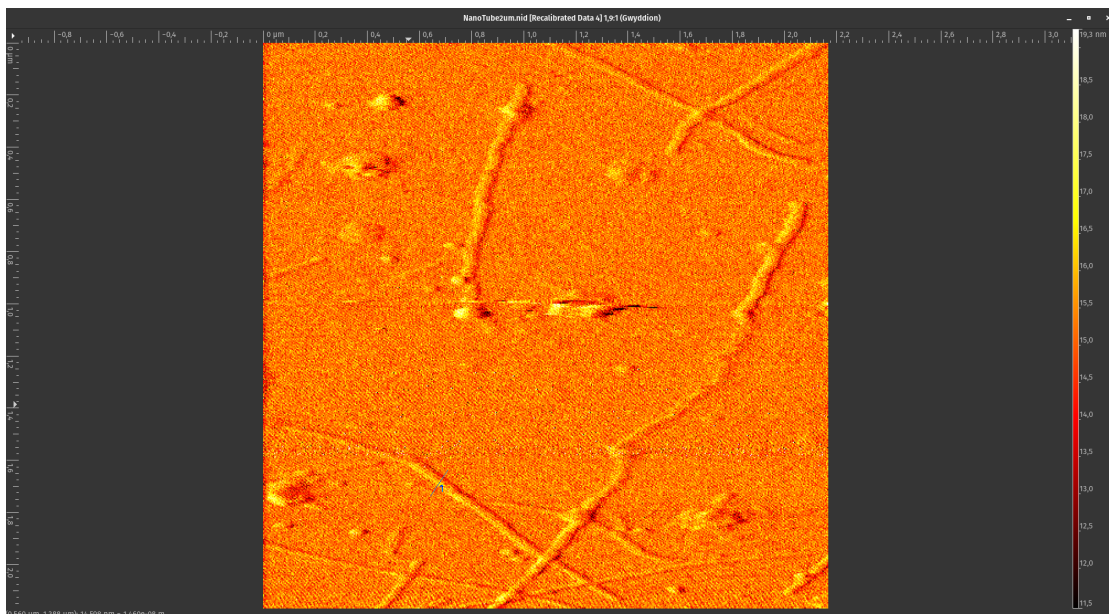


Abbildung A.2: Nanoröhrchen und die zur Vermessung des Radius gewählten Distanzen

## Literaturverzeichnis

DAGANI, RON 2002 Nanotube strands are centimeters long. *Chemical & Engineering News* BAND 80 (NR. 18), 11.