

UNIVERSITÄT REGENSBURG

F-PRAKTIKUM

Holographie



Korbinian Baumgartner und Jonas Schambeck

8. Oktober 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Vorbereitung	4
2.1	Kräfte zwischen Atomen	4
2.1.1	Van-der-Waals Kräfte	4
2.1.2	Pauli-Abstoßung	4
2.1.3	Lennard-Jones Potential	4
3	Versuchsdurchführung	6
3.1	Charakterisierung des Cantilevers	6
3.2	Überprüfung der Geräteparameter	7
3.3	Spektroskopie	7
3.4	Spur-Abstand einer CD	9
4	Fazit	10

1 Einleitung

2 Vorbereitung

2.1 Kräfte zwischen Atomen

2.1.1 Van-der-Waals Kräfte

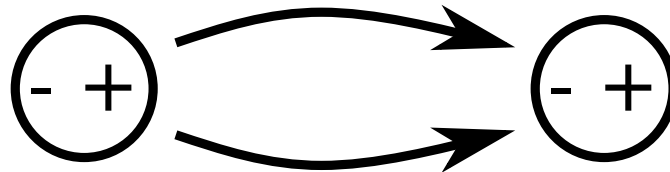


Abbildung 2.1: Van-der-Waals Kraft zwischen zwei Teilchen

Die Ladungsverteilung in Atomen ist nicht konstant, sondern unterliegt ständiger Fluktuation. Der Schwerpunkt der negativen Ladungen kann hierbei vom dem der positiven Ladungen abweichen. Ist dies der Fall, so entsteht ein Dipol. Befindet sich nun ein zweites Teilchen in der Nähe dieses Atoms, so wird auch in diesem ein Dipol induziert. Zeigt die positive Seite des ersten Atoms zu Atom 2, so werden die Elektronen des zweiten Atoms angezogen. Ist es die negative Seite, so werden die Elektronen abgestoßen.

Als Folge dessen synchronisieren sich die Ladungsänderungen der beiden Atome. Eine schwache positive Anziehung ist die Folge. Diese ist proportional zu $\frac{-1}{r^6}$.

2.1.2 Pauli-Abstoßung

Nähern sich die Atome weiter an, so kommt es zu einem Überlappen der Elektronenorbitale. Das Pauli-Verbot verhindert hierbei, dass zwei Elektronen den gleichen Zustand besetzen. Einige Elektronen werden folglich in einen energetisch höheren Zustand gezwungen.

So führt eine Orbitalüberlagerung zu einer repulsiven Wechselwirkung. Die Kraft ist proportional zu $\frac{1}{r^{12}}$.

2.1.3 Lennard-Jones Potential

Bei sehr kleinen Abständen dominiert die Pauli-Abstoßung, bei größeren die van-der-Waals Kräfte. Die Summe aus beiden Potentialen wird Lennard-Jones Potential genannt.

$$\phi(r) \propto \frac{A}{r^6} - \frac{B}{r^{12}}$$

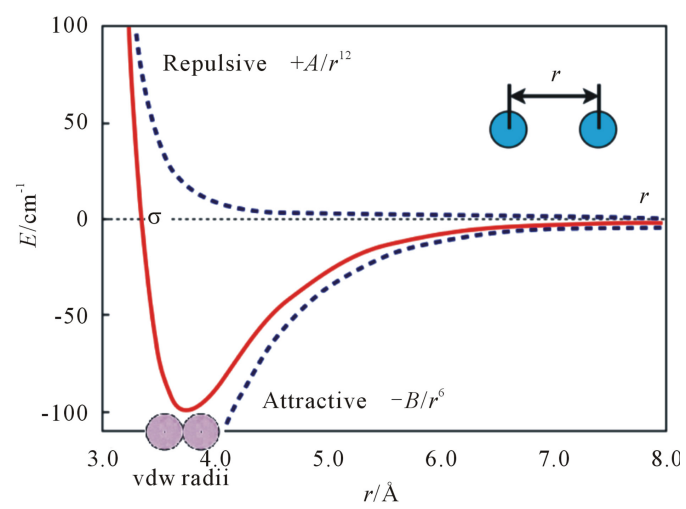


Abbildung 2.2: Das Lennard-Jones Potential als Summe der vdW-Wechselwirkung und der Pauli-Abstoßung

3 Versuchsdurchführung

3.1 Charakterisierung des Cantilevers

Zur Mikroskopierung einiger Proben wird in diesem Versuch der dynamische Modus des Mikroskops verwendet. Dies erfordert Kenntnis über das dynamische Verhalten des Cantilevers. Daher soll die Resonanzkurve aufgezeichnet und daraus die Güte der Messspitze bestimmt werden.

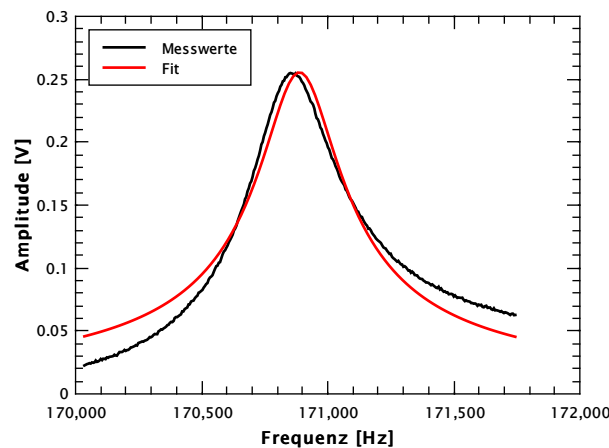


Abbildung 3.1: Resonanzkurve des Cantilevers gefittet mit Gleichung des getriebenen, gedämpften Oszillators

In Abbildung 3.1 ist die aufgenommene Resonanzkurve zu sehen, gefittet mit der Formel

$$A(\omega) = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \left(\frac{\omega \omega_0}{Q}\right)^2}}$$

des getriebenen, gedämpften Oszillators. Aus dem Graphen lassen sich einige Werte bestimmen, die im weiteren Verlauf des Versuches nützlich sein werden.

$$Q = 551,8 \qquad \frac{F_0}{m} = 13.5 \text{ MN/kg} \qquad \omega_0 = 170.9 \text{ kHz}$$

Q bezeichnet hierbei den Gütefaktor des Cantilevers und ω_0 die Resonanzfrequenz.

Anders als theoretisch errechnet, ist die gemessene Kurve nicht ganz symmetrisch. Dies ist auf die Annäherung des Messkopfes als Massepunkt zurückzuführen. Die theoretische Betrachtung der räumlichen Ausdehnung würde zu höheren Termen führen, die hier nicht näher betrachtet werden sollen.

3.2 Überprüfung der Geräteparameter

Um Entfernungen auf Proben messen zu können, müssen die an den Piezo angelegten Spannungen zuverlässig in x , y und z Auslenkungen umgerechnet werden können. Um diese Kalibrierung zu überprüfen, wird ein Eichgitter verwendet. In Abbildung 3.2 ist

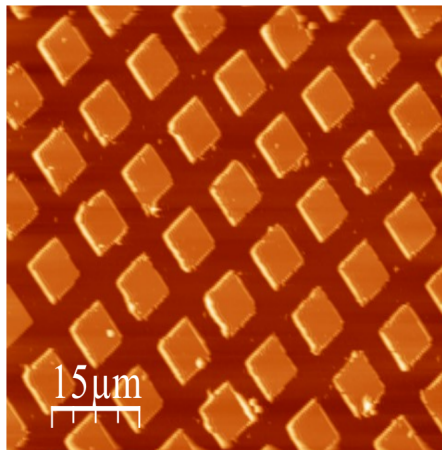


Abbildung 3.2: Mikroskopierung des Eichgitters

eine Teilaufnahme des Gitters zu sehen. Der Abstand der zweier Quadrate beträgt laut Messung $10.06 \mu\text{m}$. Dies ist ein gutes Ergebnis, weshalb die Default-Werte im weiteren Verlauf des Versuch verwendet werden.

3.3 Spektroskopie

Nun soll die Amplitude der oszillierenden Messspitze bestimmt werden. Hierzu wird der Kopf über einer homogenen Oberfläche positioniert und die Änderung der Schwingungsamplitude bei Annäherung an die Probe aufgezeichnet. In den Abbildungen 3.3 und 3.4 sind diese Messungen, erst bei Annäherung an die Probe, dann bei Entfernung von der Probe, zu sehen. Die Amplitude ist bei großen Entfernungen nahezu konstant. Bei Kontakt zwischen Spitze und Probe befindet sich der untere Umkehrpunkt der Oszillation an der Probenfläche. Somit sinkt die Amplitude um die Änderung der z -Position. Dieser lineare Zusammenhang zwischen Höhe des Cantilevers und der Amplitude soll nun zur Bestimmung der Amplitude benutzt werden.

Aus den linearen Fits kann die Proportionalitätskonstante für beide Messungen be-

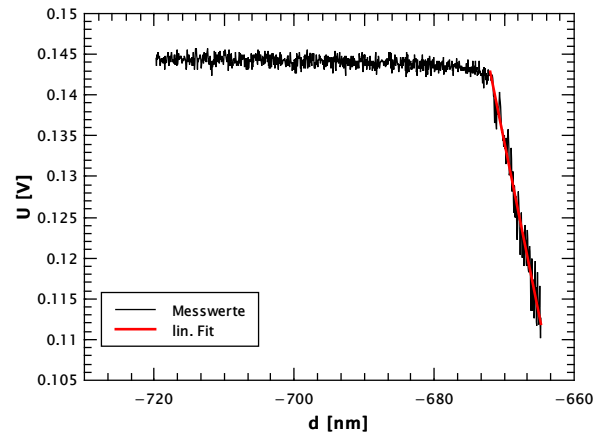


Abbildung 3.3: Änderung der Amplitude bei Annäherung an Probe

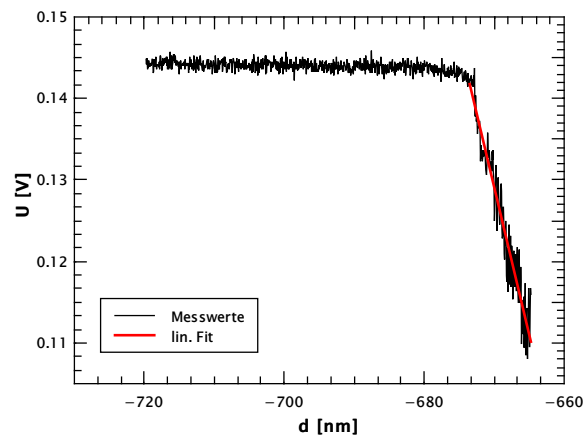


Abbildung 3.4: Änderung der Amplitude bei Entfernung von Probe

stimmt werden.

$$K_{\text{for}} = 4,27 \cdot 10^6$$

$$K_{\text{rück}} = 5,61 \cdot 10^6$$

Mithilfe der Formel $A = \frac{U}{K}$ und der Betriebsspannung von $U = 200 \text{ mV}$ kann die Amplitude zu

$$A = \frac{U}{K} = \frac{200 \text{ mV}}{4,93 \cdot 10^6} = 40.6 \text{ nm}$$

bestimmt werden.

3.4 Spur-Abstand einer CD

Zuletzt soll mithilfe des Mikroskops die Kapazität einer CD bestimmt werden. Hierzu soll die Spurbreite und der Bitabstand bestimmt werden, um die Fläche eines Datenpunktes zu errechnen. Kennt man die Fläche der CD, kann so auf die Kapazität geschlossen werden.

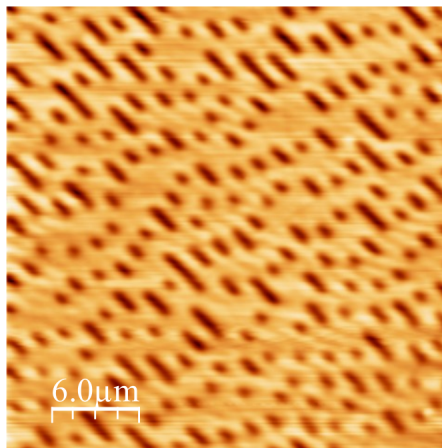


Abbildung 3.5: Mikroskopierung der Datenseite einer CD

Aus Abbildung 3.5 kann der Spurbabstand zu $1.285 \mu\text{m}$ und der Bitabstand zu $1.250 \mu\text{m}$ bestimmt werden. Die Fläche eines Datenpunktes beläuft sich somit auf $A_{\text{Bit}} = 1.61 \mu\text{m}^2$.

Zur Bestimmung der beschreibbaren Fläche muss der Radius des ausgeschnittenen Ringes von dem der CD abgezogen werden.

$$A_{\text{Data}} = \pi \cdot \left(\underbrace{r_{\text{außen}}^2}_{=58 \text{ mm}} - \underbrace{r_{\text{innen}}^2}_{=25 \text{ mm}} \right) = 8\,604\,822\,000 \mu\text{m}^2$$

Die Kapazität errechnet sich somit zu

$$N = \frac{A_{\text{Data}}}{A_{\text{Bit}}} \approx 638 \text{ MB}$$

Der angegebene Wert ist 650 MB. Die Abschätzung liefert somit ein gutes Ergebnis.

4 Fazit

Literaturverzeichnis

- [1] <http://file.scirp.org/Html/2-8301839/5ea73474-0e91-41d4-a386-71cdc9f14e20.jpg> 20.09.2019
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=fivhcWYEtkQ>, 20.09.2019
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Van-der-Waals-Kr%C3%A4fte>, 20.09.2019