

Gruppe Nr. 129

Kurs: **Mo1** ~~**Mo2**~~ **Mi3**
zutreffendes bitte ankreuzen

WS 24/25

aktuelles Semester angeben

Versuch: Optische Pinzette

Namen: Tin Vrkic (2459981) (uyvpq@student.kit.edu)

Mika Nock (2484864) (uttzi@student.kit.edu)

Assistent: Merlin Schieler (Betreuer)

durchgeführt am: 18.11.2024

Protokollabgabe am: 02.12.2024

vom Betreuer auszufüllen

Note gesamt

☐ +

☒ 0

☐ -

Anerkannt: _____

(Datum Unterschrift)

Datum Rückgabe: _____

1

Bemerkung:

Die optische Pinzette

Tin Vrkic, Mika Nock

18. November 2024

Zusammenfassung

Im Versuch „optische Pinzette“ soll die Eigenschaft von Licht untersucht werden, auf verschiedene Objekte mittels Fokussierung eine Kraft auszuüben. Es wird das Verhalten verschiedener Gegenstände in der Pinzette untersucht und es soll unter anderem mittels der Brown'schen Bewegung die Maximalkraft, die das Licht ausüben kann, berechnet.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitung	4
1.1	Funktionsweise	4
1.1.1	Krafterzeugung	4
1.1.2	Strahlengang des Lasers	4
1.2	Versuchsdurchführung	4
1.2.1	Aufbau	4
1.2.2	Fokussierung	5
1.2.3	Aufgabe 1: Kennenlernen der Pinzette	5
1.2.4	Aufgabe 2: Fett in der optischen Pinzette	5
1.2.5	Aufgabe 3: biologisches Gewebe / Schimmel	5
1.2.6	Aufgabe 4: Brownsche Bewegung	5
1.2.7	Aufgabe 5: Wahrscheinlichkeitsverteilungen	6
1.2.8	Aufgabe 6: Farbstoffe	6
2	Literatur	7

1 Vorbereitung

1.1 Funktionsweise

1.1.1 Kraftherzeugung

Im Folgenden soll zunächst erklärt werden, wieso in der optischen Pinzette eine Kraft auf bestimmte Materialien wirkt.

Trifft ein Lichtstrahl auf ein Objekt, so ist dieses einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt. Dieses induziert einen Dipol, der wiederum mit dem Feld interagiert. Aus diesem Grund sind nur dielektrische Materialien für diesen Versuch geeignet. Es resultiert eine Kraft, die das zu greifende Objekt in Richtung höherer Lichtintensität, also zum Fokuspunkt, zieht. Verschiebt man nun den Fokuspunkt, werden bereits eingefangene Gegenstände also ebenfalls mit verschoben. [2]

1.1.2 Strahlengang des Lasers

Um eine möglichst große Ausleuchtung und einen möglichst kleinen Fokus zu erreichen muss der Strahl aus dem verwendeten Diodenlaser zunächst durch eine Linse fokussiert werden. Ein weitere Linse mit größerer Brennweite wird nun im Abstand $d = f_1 + f_2$ hinter der ersten platziert, sodass der nun aufgeweitete Strahl wieder parallel wird (Abb. 1).

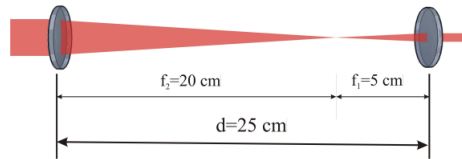


Abbildung 1: Aufweitung des Lichtstrahles [1]

Hinter der zweiten Linse befindet sich ein Strahlteiler, nach dem der Strahl dann fokussiert und zur Bewegung eines Objektes verwendet wird.

1.2 Versuchsdurchführung

1.2.1 Aufbau

Im vorliegenden Aufbau wird ein Diodenlaser verwendet, dessen Strahlengang vollständig abgeschottet ist. Mittels zweier Motoren kann der Objektträger in der x-y-Ebene und der mittels einer μm -Schraube in der z-Richtung bewegt werden. Aufgenommen wird das Bild über eine CCD-Kamera, vor der sich eine Filterscheibe für das Laserlicht befindet.

1.2.2 Fokussierung

Zum Erhalt eines scharfen Bildes ist eine Einstellung des Fokus nötig. es handelt sich hierbei jedoch nicht um den Fokus des Lasers, sondern um den der Kamera. Das wird folgendermaßen erreicht:

1. Möglichst weites Herunterbewegen des Objektträgerhalters
2. Einlegen des Objektträgers
3. Hochfahren des Objektträgerhalters bis zweimal ein Verzerter Lichtpunkt erschienen ist, danach erscheint das fokussierte Bild

1.2.3 Aufgabe 1: Kennenlernen der Pinzette

Zu Beginn wird sich mit der Pinzette vertraut gemacht, indem einige Polystyrolkugeln eingefangen und aneinander platziert werden sollen

1.2.4 Aufgabe 2: Fett in der optischen Pinzette

In dem ein Tropfen Sahne zu Wasser hinzugegeben wird, bis die Mischung leicht milchig erscheint, soll untersucht werden, wie sich Fett in diesem Experiment verhält. Es soll beobachtet werden, wie sich der Tropfen verhält, wenn er eingefangen wird, wenn er in z-Richtung bewegt wird und wenn der Laser danach wieder ausgeschalten wird.

1.2.5 Aufgabe 3: biologisches Gewebe / Schimmel

Nun soll ein biologisches Präparat eingebracht werden. Hierfür liegen Sporen der Gattung *Alternaria* bereit.

1.2.6 Aufgabe 4: Brownsche Bewegung

Bei der Brown'schen Bewegung handelt es sich um ein statistisches Phänomen in kolloidalen Systemen. Da sich Moleküle immer in einer Temperaturbewegung befinden stoßen diese immer wieder mit den hier zu beobachteten Objekten, was zu einer Bewegung dieser führt.

Es soll zunächst eine Videoaufnahme von einem Teilchen gemacht werden, das anschließend getrackt wird. Aus dieser Aufnahme lassen sich für jeden Zeitpunkt t_i die Koordinaten (x_i, y_i) bestimmen und in die quadrierte Verschiebung über

$$r^2(t_i) = x_i^2 + y_i^2$$

umrechnen. Ebenfalls können wir den Durchschnitt bis zu einem Zeitpunkt t_n bestimmen, durch

$$\langle r^2 \rangle(t_n) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n r^2(t_i)$$

. Indem das für 5-7 Teilchen durchgeführt wird können wir erneut einen Durchschnitt ermitteln.

Es lässt sich nun mit einigen Überlegungen und den gewonnen Daten die maximale Kraft der optischen Pinzette bestimmen. Hierfür muss über die Steigung des Diagramms von $\langle r^2 \rangle(t_n)$ und durch einige Umrechnungen die Reibung der Objekte und somit auch der Stokes'sche Reibungskoeffizient bestimmen. Über die maximale Geschwindigkeit, mit der ein Teilchen noch bewegt werden kann erhält man somit die maximale Kraft der optischen Pinzette.

1.2.7 Aufgabe 5: Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Da die Brown'sche Bewegung ein statistischer Prozess ist, lassen sich keine voraussagen über die Position eines Objektes zu einem bestimmten Zeitpunkt machen, jedoch lassen sich Wahrscheinlichkeiten für diese aufstellen. Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die x - und die y -Koordinate eines freien Teilchens und eines in der optischen Falle sollen hier experimentell bestimmt werden. Zur Durchführung wird je ein Teilchen getrackt und die beiden Koordinaten zu den Zeitpunkten t_i separat in Histogrammen dargestellt. Die Position des freien Teilchens sollte einer Boltzmann-Verteilung mit $P(x) = \frac{1}{Z} \cdot e^{\frac{U(x)}{k_B T}}$ folgen. Hierbei steht $U(x)$ für die Energie der Position x .

1.2.8 Aufgabe 6: Farbstoffe

In der letzten Aufgabe soll nun der Strich eines Permanentmarkers in destilliertem Wasser aufgelöst werden. Bei Permanentmarkern handelt es sich um gelöste Farbstoffmoleküle und nicht um Pigmente. Zur Verfügung stehen ein Roter und ein Schwarzer Stift, die beide untersucht werden sollen.

2 Literatur

Literatur

- [1] Literatur zur optischen Pinzette
- [2] https://de.wikipedia.org/wiki/Optische_Pinzette (Letzter Zugriff am 15.11.24)
- [3] https://de.wikipedia.org/wiki/Brownsche_Bewegung (Letzter Zugriff am 15.11.24)