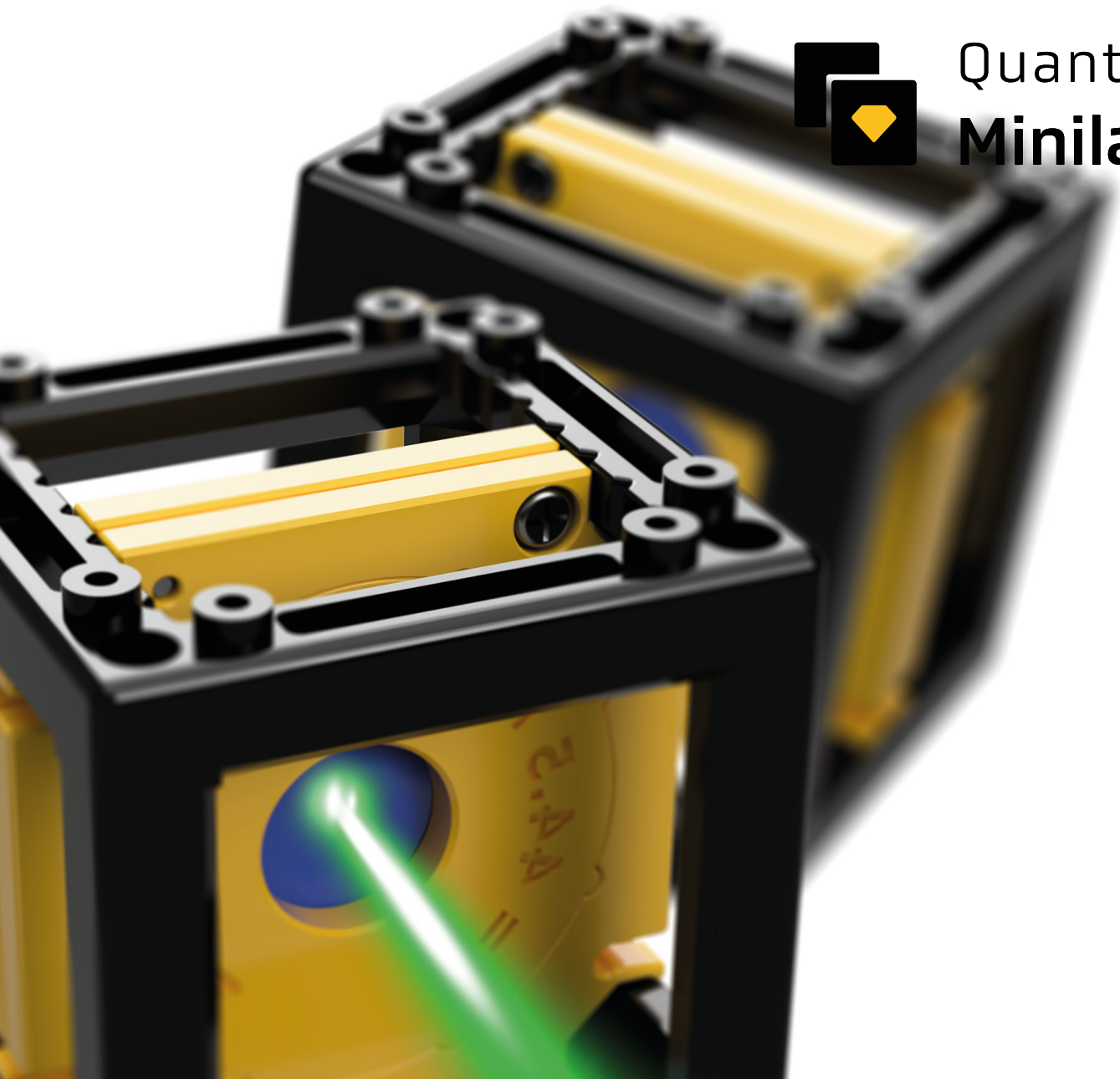




Quantum
Minilabs



QUANTUM MINILABS

Michelson-Interferometer

INHALT

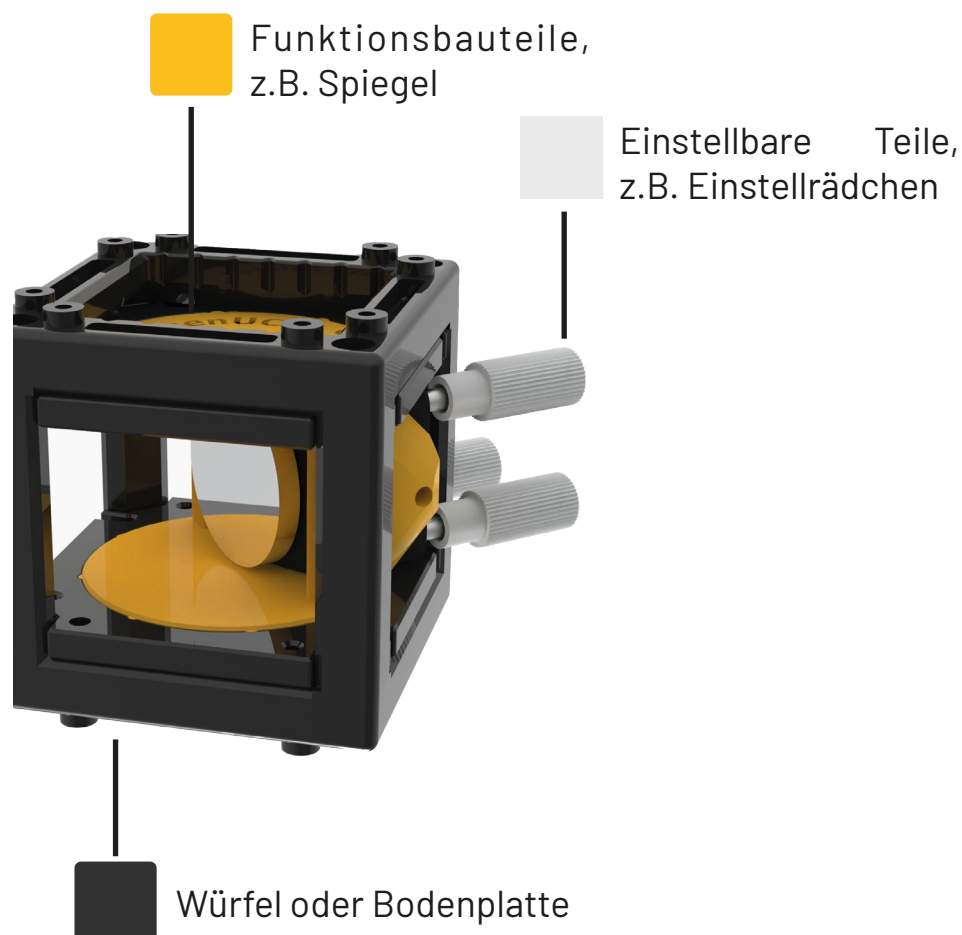
- 2** Experimente mit den Quantum Minilabs
- 3** SICHERHEITSHINWEISE
- 4** Michelson-Interferometer
- 5** Der Strahlteiler
- 6** Das Michelson-Interferometer
- 7** Das Michelson-Interferometer
- 8** Interferenz von Lichtwellen
- 9** Interferenz
- 10** Justage des Michelson-Interferometers
- 14** Entstehung des Interferenzmusters

Experimente mit den Quantum Minilabs

Mit unserem modularen Würfelsystem kannst du verschiedene Experimente aus den einzelnen Bauteilen aufbauen. So lernst du nicht nur, wie man Quantenphänomene sichtbar macht und einsetzt, sondern auch wie die Physik dahinter funktioniert. Ersatzteile können nachgekauft oder selbst gedruckt werden, ohne das ganze Kit neu kaufen zu müssen. So bleiben die Quantum Minilabs nachhaltig und immer funktional.

Die Würfel sind alle ähnlich aufgebaut und besitzen eine Farbcodierung. Würfel und Grundplatte sind schwarz, alle goldenen Teile sind Funktionsbauteile. In seltenen Fällen, nämlich dann, wenn gelb das Licht zu stark reflektieren würde, sind Funktionsbauteile schwarz. Hellgraue Bauteile dienen der Einstellung der Funktionsbauteile. An diesen kannst du beispielsweise drehen, um die Funktionsbauteile einzustellen. In diesem Workbook findest du Sicherheitsinformationen, die Anleitung zum Experimentieren und Hintergrundinformationen zum Experiment.

Wir wünschen dir viel Spaß mit den Quantum Minilabs.



SICHERHEITSHINWEISE

Laser

Laser sind nicht nur besonders hell, sondern erzeugen darüber hinaus einen sehr konzentrierten Strahl. Sie können deshalb auch über größere Strecken hinweg noch eine Gefahr darstellen.



Laserstrahlung
Nicht in den Strahl blicken
Laserklasse 2

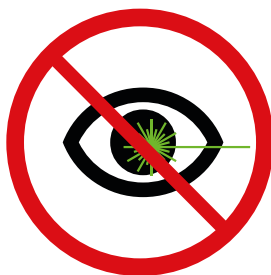
Gefahren von Lasern

Die größte Gefahr bieten Laser für unsere Augen. Blickt man direkt in einen Laser, so können kurz- und langfristig blinde Flecken auf der entsprechenden Stelle der Netzhaut auftreten. Dabei ist die Gefahr größer, je stärker der Laser ist und je länger das Auge getroffen wird.

Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren

Folgende Sicherheitsmaßnahmen sorgen dafür, dass der Laser beim Experimentieren nicht ins Auge gezielt oder reflektiert wird:

- Schau niemals mit Absicht in den Laserstrahl!
- Ziele den Laserstrahl niemals auf andere Personen!
- Schalte den Laser immer aus, bevor du den Versuchsaufbau änderst!
- Achte darauf, dass deine Augen nie auf Höhe des Laserstrahls sind!
- Nimm reflektierende Ringe, Uhren, Armbänder und Halsketten ab!
- Entferne reflektierende Gegenstände (Etui, Geodreiecke, Lineal, Handy, usw.) vom Tisch!



Nicht in den Laser blicken!

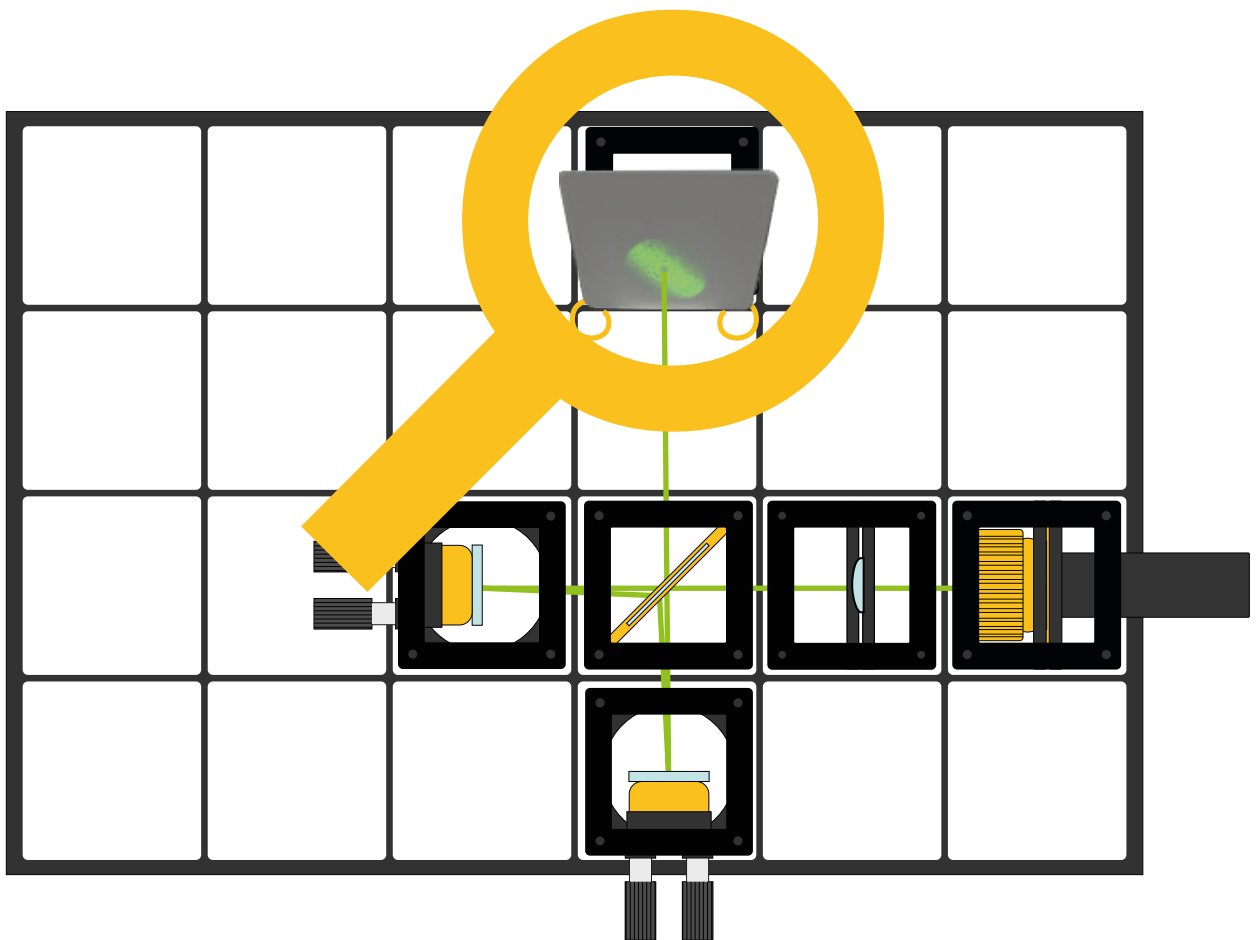


Reflektierende Gegenstände entfernen!

Michelson-Interferometer

Das Michelson-Interferometer ist ein hochpräzises Messgerät, das das optische Phänomen *Interferenz* nutzt, um winzige Längenänderungen zu messen.

Auf den nächsten Seiten wird erklärt, was man unter Interferenz versteht, welche Bauteile zu einem Michelson-Interferometer gehören und wie man es aufbaut.

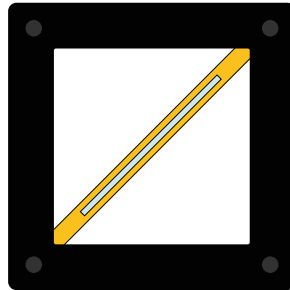


Interferenzmuster

Auf dem Bild ist ein Michelson-Interferometer aufgebaut. Das Kreismuster auf dem Schirm entsteht durch Interferenz.

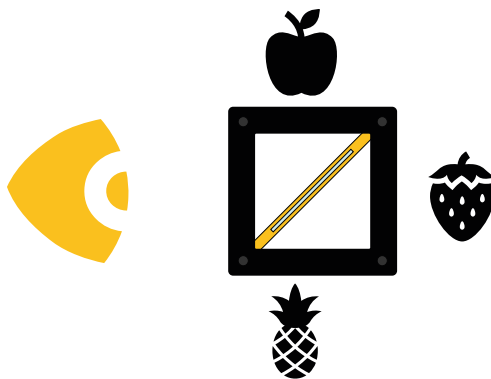
Der Strahlteiler

Damit der Laserstrahl im Michelson-Interferometer interferieren kann, muss er in zwei Teilstrahlen aufgeteilt werden. Dafür wird der Strahlteiler genutzt.



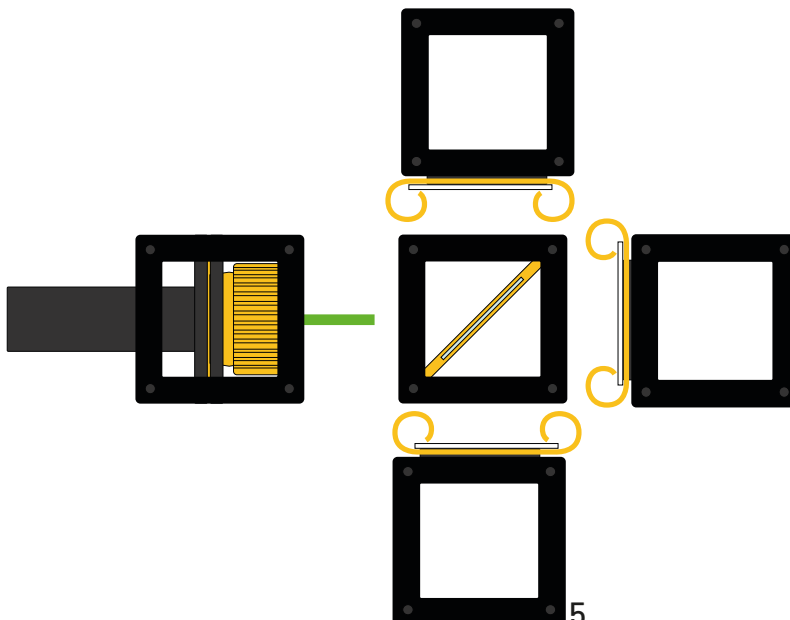
1

Suche ein Strahlteilermodul aus dem Experimentierkit und untersuche seine Funktion! Welche der folgenden Früchte kann man sehen, wenn man wie gezeigt in einen Strahlteiler schaut?



2

Vervollständige den Laserstrahl in der folgenden Skizze!



Fensterscheiben

Fensterscheiben können eine ähnliche Funktion wie Strahlteiler erfüllen: Abhängig von den Lichtverhältnissen siehst du mal dein Spiegelbild und mal durch das Fenster hindurch. Allerdings reflektiert der Strahlteiler etwa 50% des Lichts, während das Fenster deutlich weniger reflektiert.

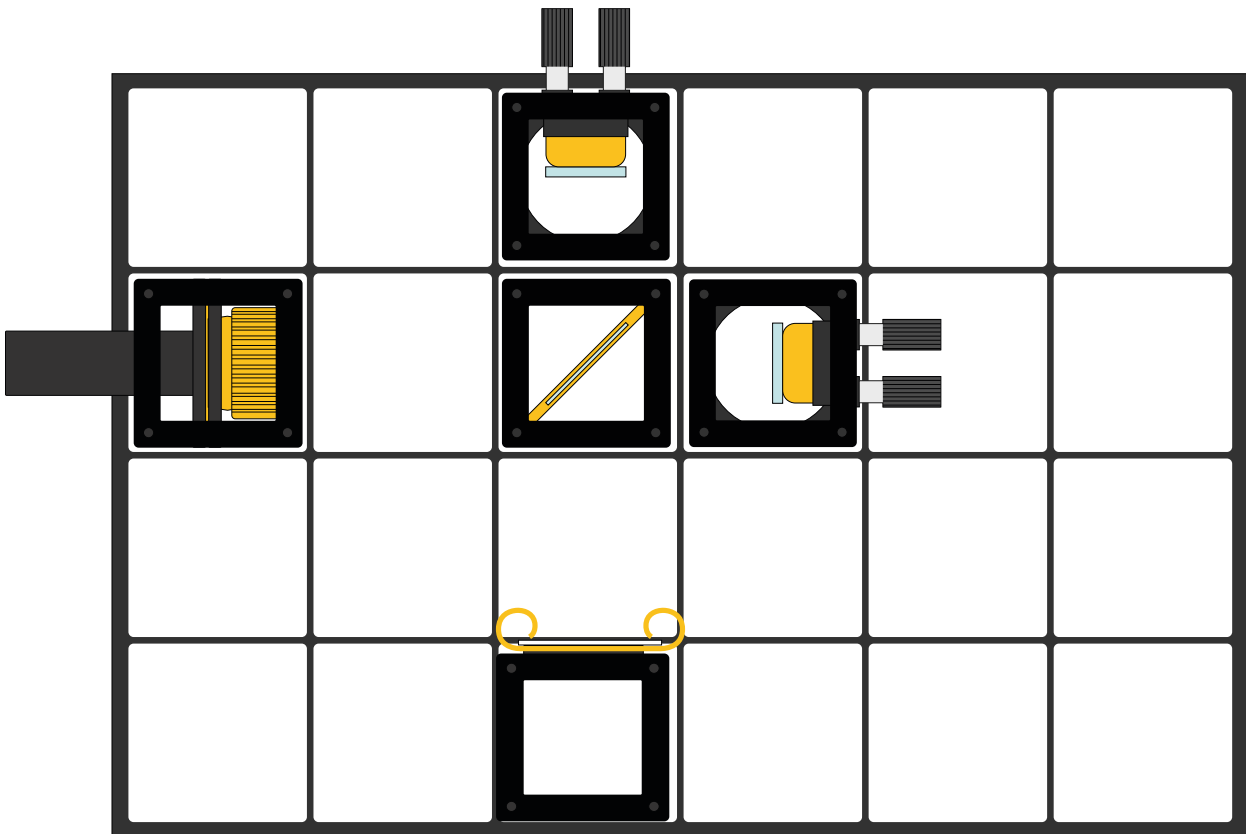
Das Michelson-Interferometer

Am Michelson-Interferometer wird ein Strahlteiler genutzt, um einen Laserstrahl erst aufzuteilen und dann wieder zu überlagern. Bei richtiger Justage können die beiden Teilstrahlen miteinander interferieren.

1

Aufbau ohne Linse

Die folgende Skizze stellt den Aufbau eines Michelson-Interferometers dar. Zeichne den Laserstrahl ein, wie du glaubst, dass er verlaufen wird!

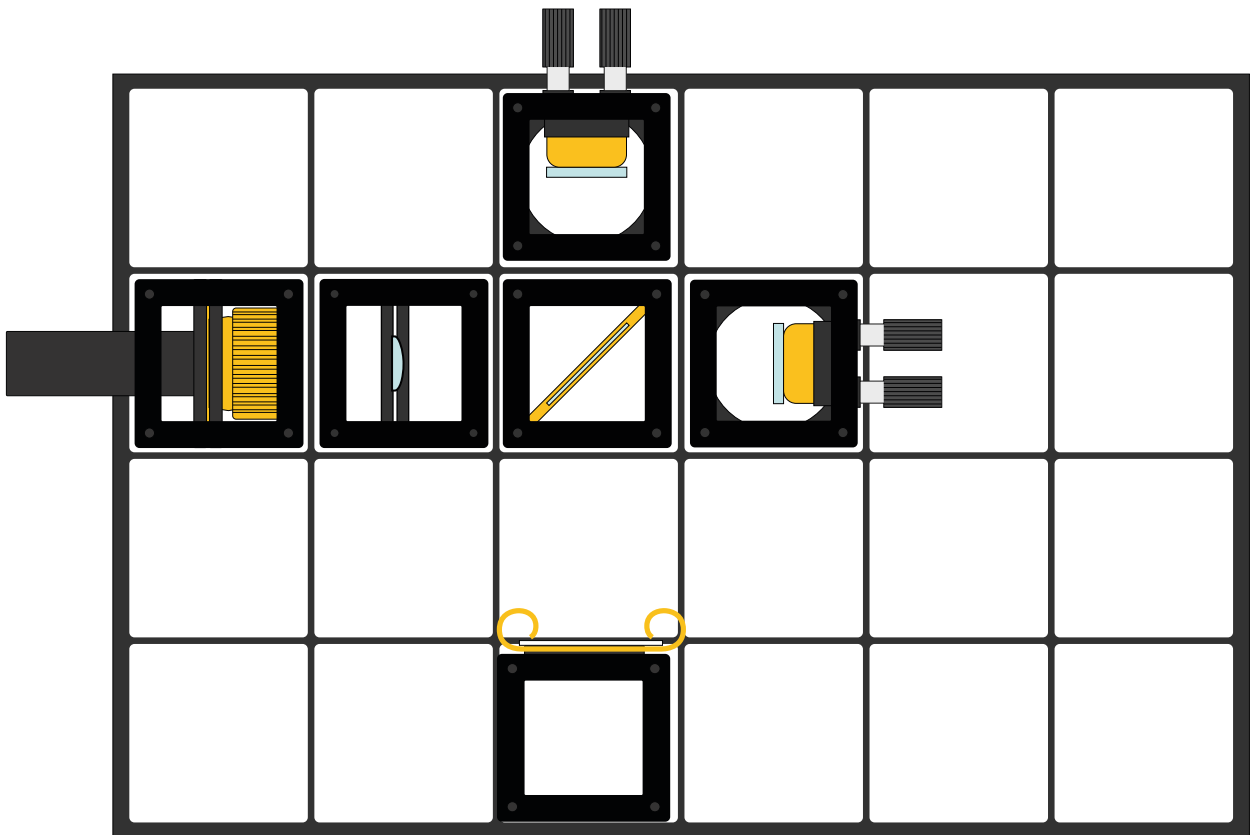


Das Michelson-Interferometer

2

Aufbau mit Linse

Häufig wird beim Michelson-Interferometer eine Linse ergänzt. Die Linse sorgt dafür, dass auf dem Schirm später nicht nur ein Punkt mit konstruktiver oder destruktiver Interferenz (oder irgendetwas dazwischen) zu sehen ist, sondern Interferenzmuster, auf dem sowohl konstruktive als auch destruktive Interferenz zu sehen ist. Der Aufbau sieht folgendermaßen aus:



Interferenz von Lichtwellen

Auch bei Lichtwellen kann Interferenz auftreten. Allerdings ist Licht meist aus sehr vielen einzelnen und zufällig verteilten Lichtwellen zusammengesetzt. Deshalb müssen ganz bestimmte Bedingungen erfüllt sein, damit wir die Interferenz deutlich beobachten können. Licht, das diese Bedingungen erfüllt, wird als kohärent bezeichnet.

Kohärentes Licht: Beispiel 1 – Seifenblase

Eine der besonderen Situationen, in denen wir Interferenz von Licht beobachten können, ist an der Haut einer Seifenblase. Das bunte Schillern auf der Haut stammt daher, dass das Licht sowohl an der Innenseite als auch an der Außenseite der dünnen Haut reflektiert wird. Die beiden reflektierten Teilwellen überlagern sich. Dabei interferieren einige Lichtfarben konstruktiv und einige destruktiv.



Kohärenzlänge

Der maximale Wegunterschied, bei dem für eine bestimmte Sorte von Licht noch Interferenz auftritt, wird Kohärenzlänge genannt. Die Kohärenzlänge von weißem Tageslicht ist sehr kurz.

Kohärentes Licht: Beispiel 2 – Laserlicht

Licht aus speziellen Lichtquellen ist auch bei größeren Wegunterschieden kohärent. Insbesondere Laser haben eine sehr große Kohärenzlänge, sodass auch bei mehreren Millimetern Weglängenunterschied noch Interferenz beobachtet werden kann. Weil Laser darüber hinaus außerdem besonders hell sind, sind sie für Interferenzexperimente besonders gut geeignet.

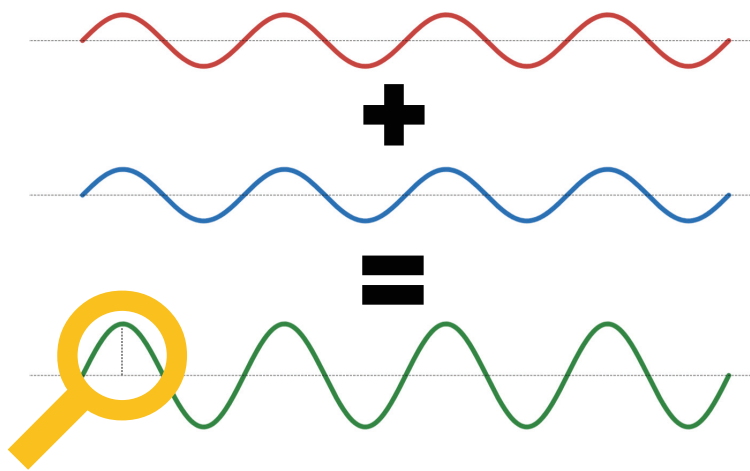
Interferenz

Interferenz ist ein Phänomen, dass bei verschiedenen Arten von Wellen auftritt. Sie kann unter anderem bei Wasserwellen, bei Schallwellen und bei Lichtwellen auftreten.

Damit Interferenz auftreten kann, müssen mindestens zwei Wellen aufeinandertreffen. Bei diesem aufeinandertreffen können zwei Fälle auftreten, die wir uns anschauen möchten:

Konstruktive Interferenz

Wenn beim Zusammentreffen der Wellenberg einer Welle auf den Wellenberg einer zweiten Welle trifft, addieren sich die Amplituden der Wellen. Man spricht von konstruktiver Interferenz.



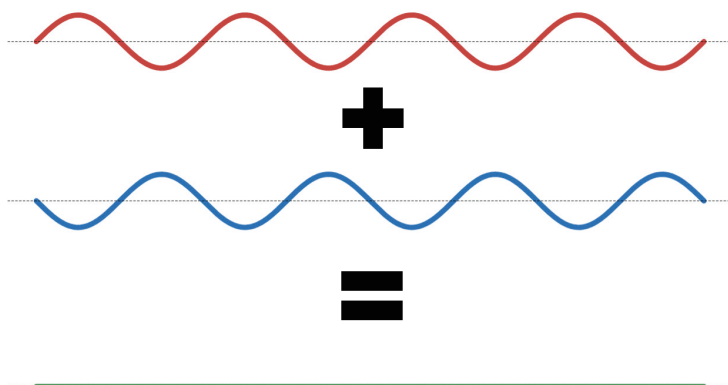
Amplitude

Die Amplitude ist ein wichtiger Kennwert von Wellen. Er beschreibt die maximale Auslenkung.

Bei Schallwellen nehmen wir die Amplitude als Lautstärke wahr, bei Lichtwellen als Helligkeit.

Destruktive Interferenz

Wenn beim Zusammentreffen der Wellenberg einer Welle auf das Wellental einer zweiten Welle trifft, subtrahieren sich die Amplituden der Wellen. Man spricht von destruktiver Interferenz.



Noise-cancelling

Kopfhörer mit aktivem Noise-cancelling nutzen destruktive Interferenz, um störende Geräusche also Schallwellen auszulöschen.

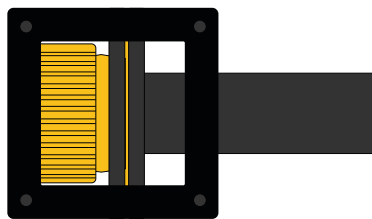
Justage des Michelson-Interferometers

Damit die beiden Teilstrahlen des Lasers wirklich kohärent sind, muss das Interferometer präzise justiert werden. Die folgenden Schritte sollen bei einer präzisen Justage helfen.

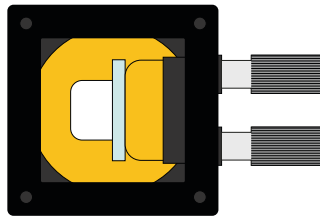
1

Suche die folgenden Bauteile heraus. Du benötigst außerdem die Grundplatte.

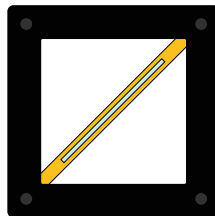
Laserdiode



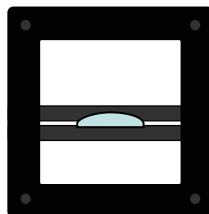
Kinematischer Spiegel,
90°, 2x



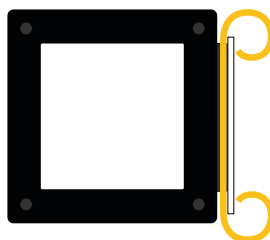
Strahlteiler



Linse, f 44.5



Schirm



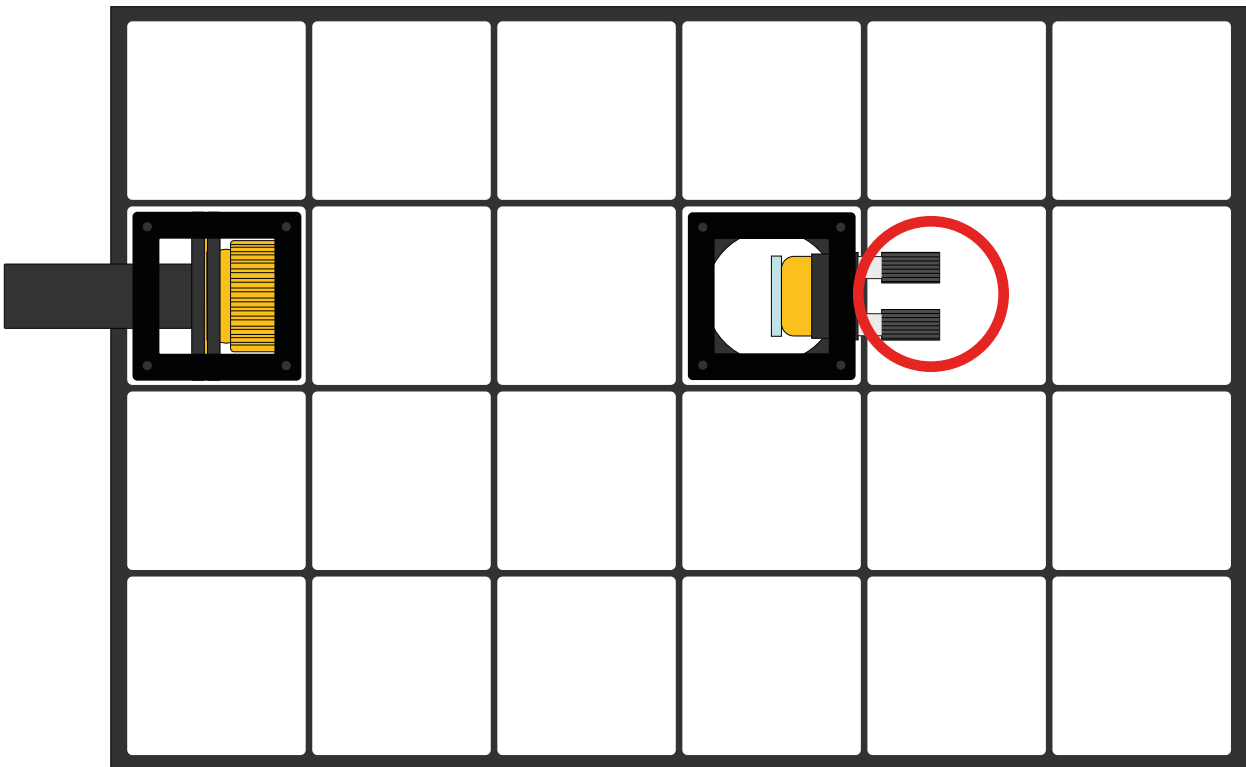
2

Baue die folgenden Anordnung nach und justiere den Spiegel so, dass der Laserstrahl wieder in den Laser zurückjustiert wird.



Schaltet den Laser nur zur Justage ein und danach wieder aus!

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



Falls kein Muster zu sehen ist:

- Nehmt alle Hände und Ellenbogen vom Tisch, um Vibrationen zu reduzieren.
- Kontrolliert, ob alle Komponenten korrekt angeordnet sind
- Entfernt die Linse, stellt den Schirm weiter weg und kontrolliert, dass wirklich alle beide Teilstrahlen dieselbe Stelle treffen.

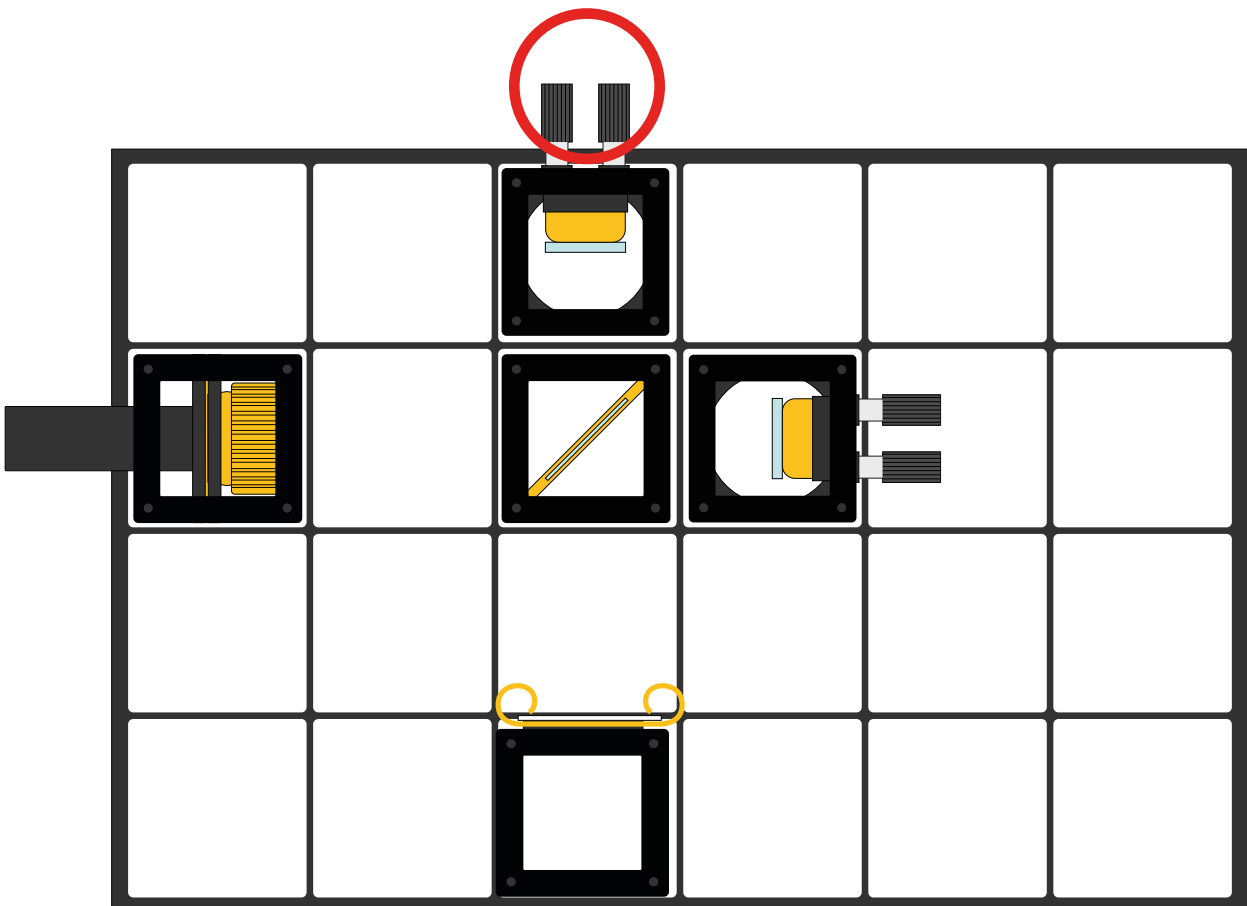
3

Ergänze den Strahlteiler, den Schirm und einen zweiten Spiegel, wie auf der Abbildung gezeigt. Justiere den Spiegel so, dass beide Teilstrahlen den Schirm an derselben Stelle treffen.



Schaltet den Laser nur zur Justage ein und danach wieder aus!

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



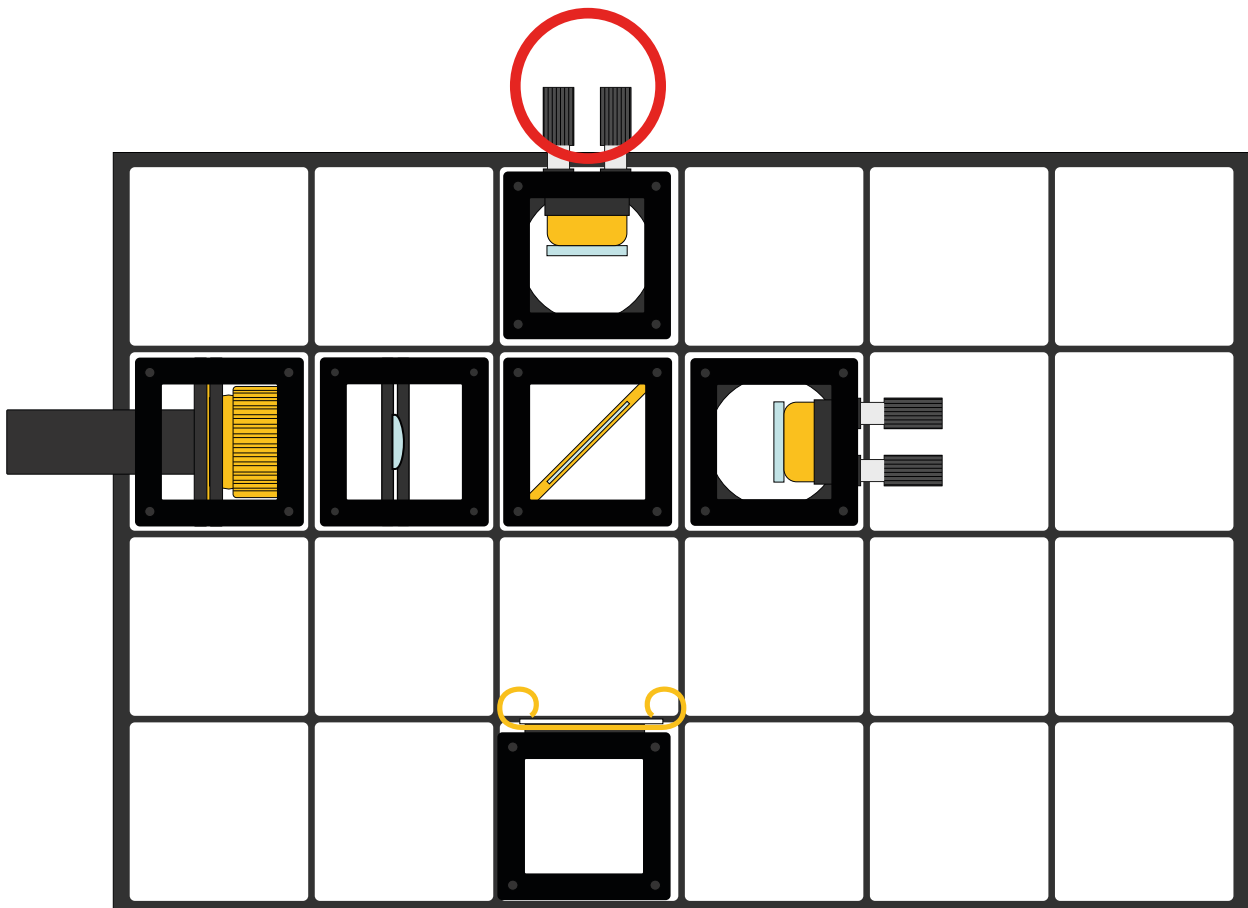
4

Ergänze die Linse wie auf der folgenden Abbildung. Jetzt sollte ein Interferenzmuster zu sehen sein. Du kannst vorsichtig an den Spiegeln nachjustieren, um das Interferenzmuster in die Mitte des Schirms zu bewegen.



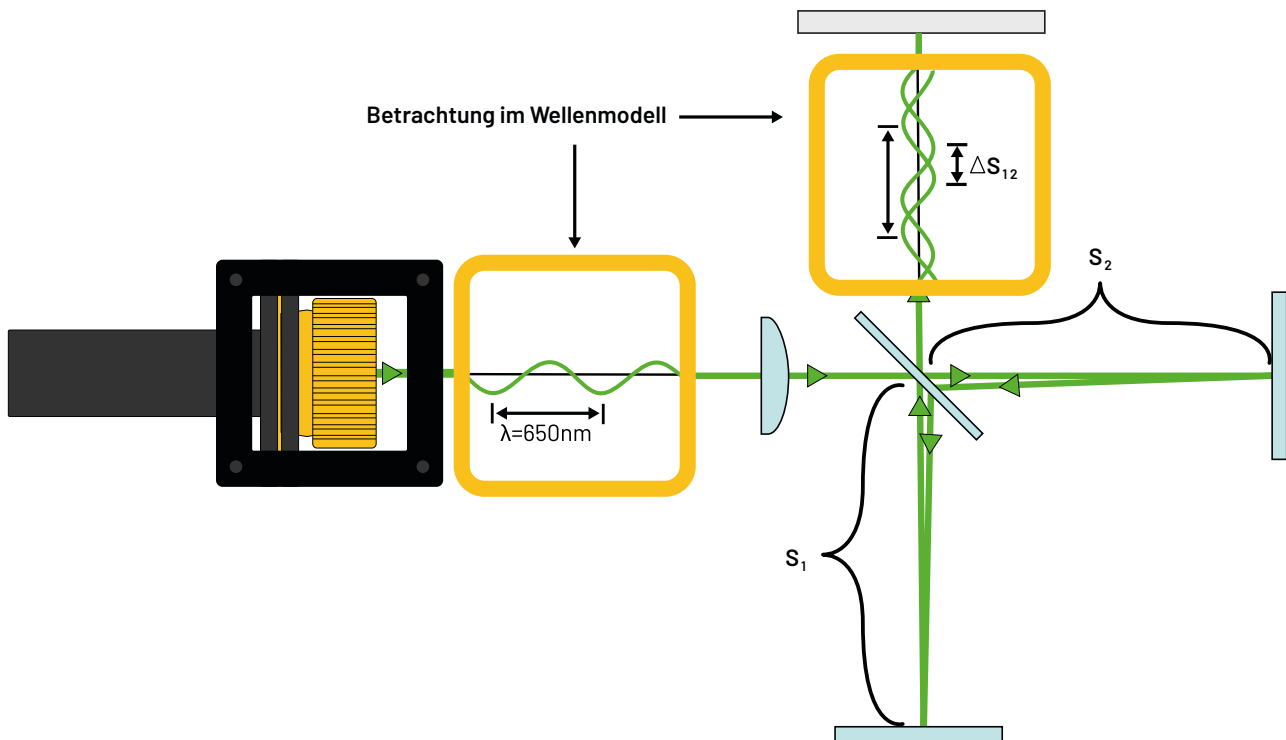
Schaltet den Laser nur zur Justage ein und danach wieder aus!

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



Entstehung des Interferenzmusters

Im Michelson-Interferometer wird ein Laserstrahl an einem Strahlteiler aufgeteilt und später wieder überlagert. Auf dem Schirm kann die Interferenz beider Teilstrahlen beobachtet werden. Das konkrete Interferenzverhalten hängt von den Abständen S_1 und S_2 (Siehe Abb.) ab. Die folgende Abbildung erklärt im Wellenmodell, was passiert:



1

Drücke vorsichtig neben einem der Spiegel auf die Grundplatte und beobachtet das Interferenzmuster. Erkläre deine Beobachtungen!



Gefördert durch:

