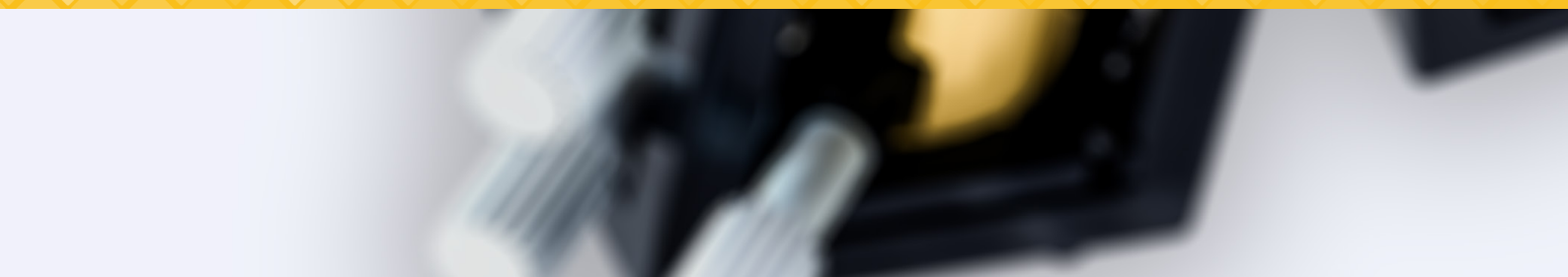




QUANTUM MINILABS

Interferenz



INHALT

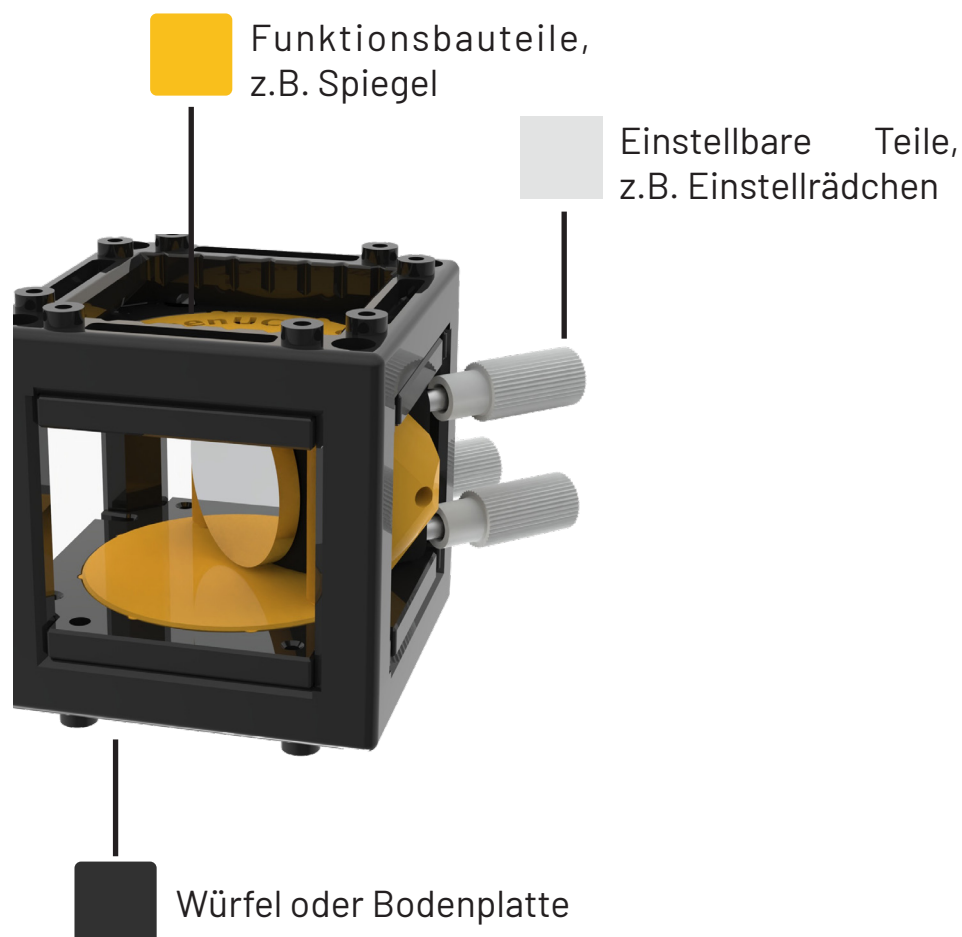
- 2** Experimente mit den Quantum Minilabs
- 3** SICHERHEITSHINWEISE
- 4** Interferenz Gittern und Spalten
- 5** Welleneigenschaften von Licht
- 9** Interferenz am Doppelspalt
- 11** Interferenz am Gitter
- 12** Ausblick Interferenz
- 13** Das Michelson-Interferometer
- 14** Der Strahlteiler
- 15** Das Michelson-Interferometer
- 17** Justage des Michelson-Interferometer
- 21** Entstehung des Interferenzmusters
- 22** Anwendungen des Michelson-Interferometers
- 23** Das Sagnac-Interferometer
- 26** Justage des Sagnac-Interferometer
- 31** Anwendungen des Sagnac-Interferometers
- 32** Das Mach-Zehnder-Interferometer
- 34** Justage des Mach-Zehnder-Interferometers
- 37** Anwendungen des Mach-Zehnder-Interferometers

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 gold 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:

- Schaue 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!

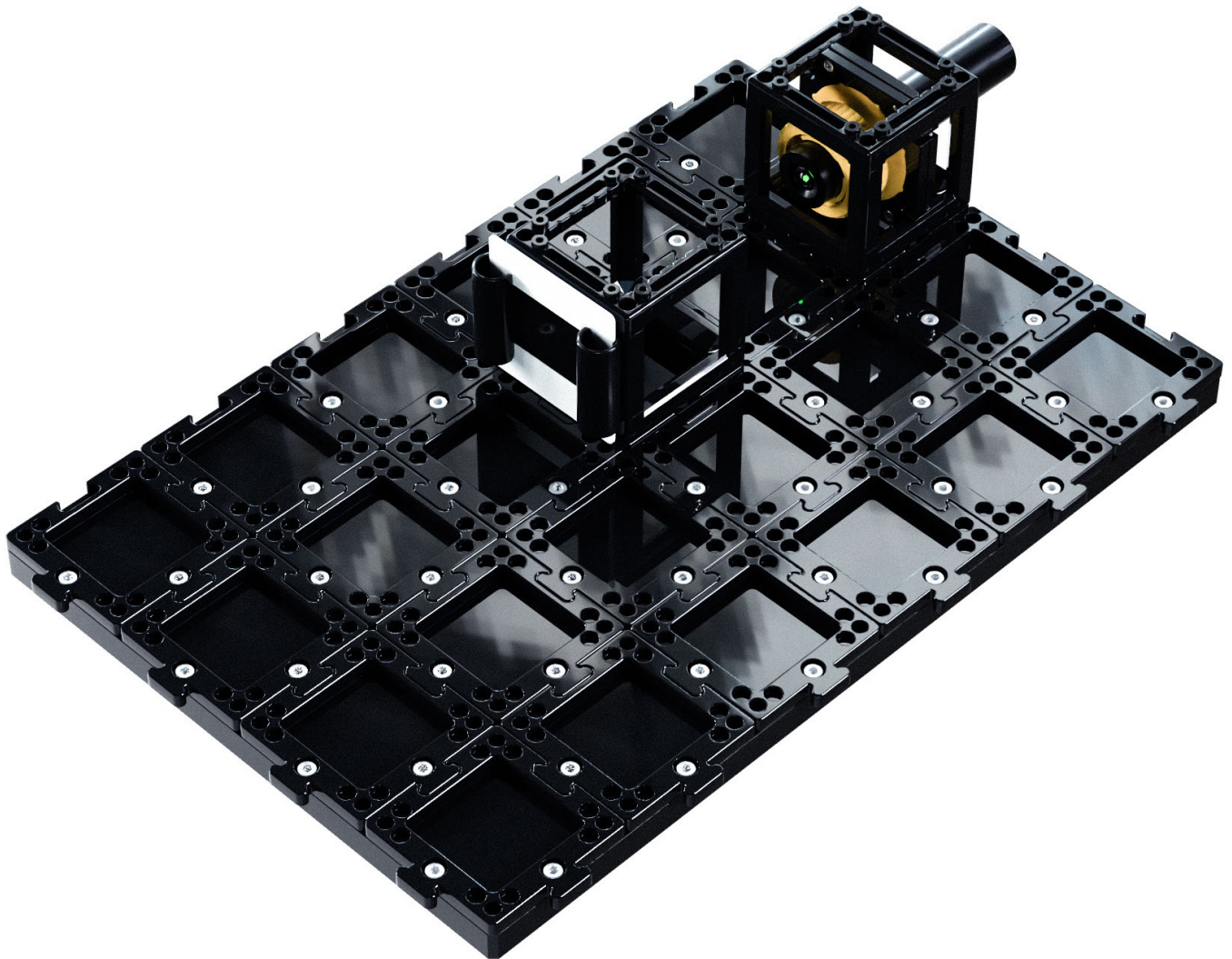


Nicht in den Laser blicken!



Reflektierende Gegenstände entfernen!

Interferenz Gittern und Spalten



Welleneigenschaften von Licht

Im Kontext von Lichtbrechung und -reflexion betrachtet man Licht als Strahlen, die sich geradlinig ausbreiten. Mit diesem Strahlenmodell lassen sich beispielsweise die Reflexion an Spiegeln und die Brechung von Licht an Linsen beschreiben.

Einige Phänomene lassen sich jedoch nur mithilfe des Wellenmodells des Lichts beschreiben. Auf den kommenden Seiten schauen wir uns einige solcher Experimente an.

1

Im folgenden experimentellen Aufbau leuchtet eine Lichtquelle durch einen Doppelspalt auf den dahinterliegenden Schirm. Zeichne ein, wo das Licht nach dem Strahlenmodell den Schirm treffen müsste.



Lichtquelle



Doppelspalt



Projektionsschirm

Welleneigenschaften von Licht

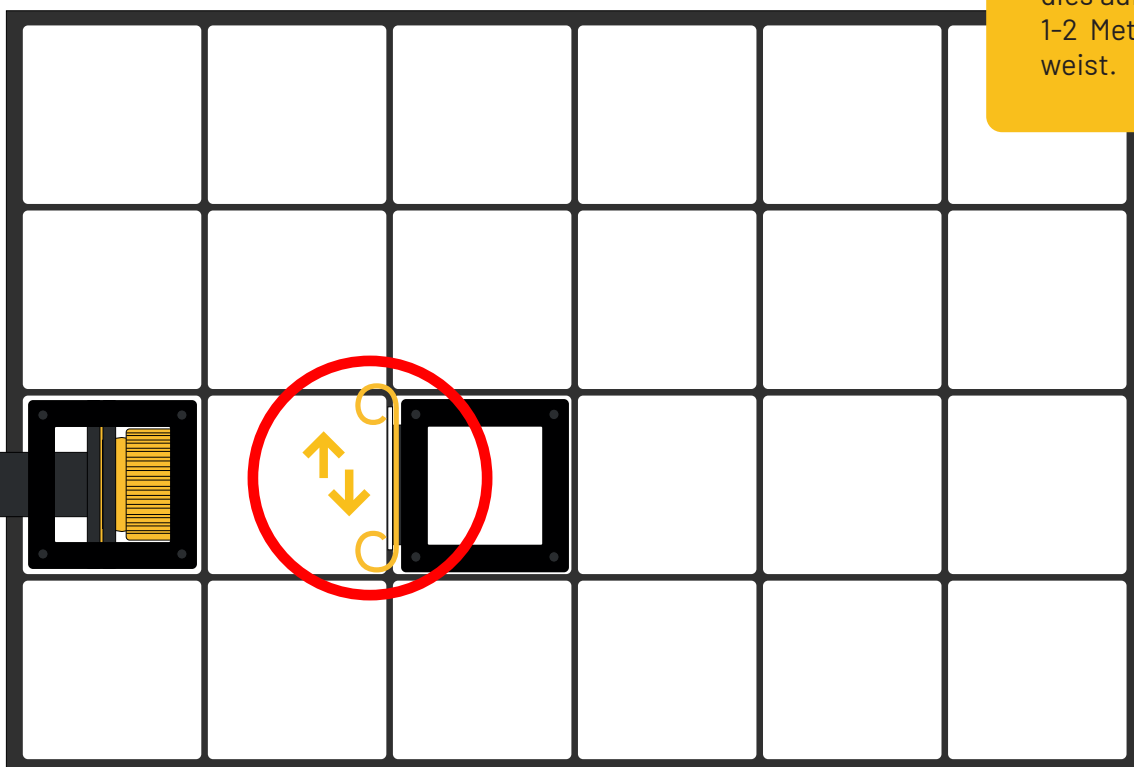
2

Überprüfe deine Ergebnisse, indem du das folgende Experiment aufbaust. Nutze dafür das Lasermodul und den Projektionsschirmträger mit dem Dia der drei Doppelspalte hat. Der Dia soll so verschoben werden, dass der Laser den Doppelspalt mit 0,2 mm trifft.



Darstellung an einer Wand

Um das Muster gut erkennen zu können, projiziere dies auf einer Wand die ca. 1-2 Meter Entfernung vorweist.



3

Zeichne das Muster, das entsteht.



Welleneigenschaften von Licht

Am vorherigen Experiment lassen sich mehrere wichtige Beobachtungen machen.

1. Beugung von Licht

An einigen Stellen auf dem Projektionsschirm, an denen nach dem Strahlenmodell ein Schatten zu erwarten wäre, sieht man helle Stellen. Das Licht breitet sich also hier nicht strahlenförmig aus.

Um die Ausbreitung im Doppelspaltexperiment zu beschreiben, ist das Wellenmodell von Licht nötig. Dabei ist zunächst die Beugung dafür verantwortlich, dass auch dort Licht hinfällt, wo nach dem Strahlenmodell Schatten entstehen müsste. Beugung lässt sich beispielsweise auch bei Wasserwellen beobachten.



Wellenwanne

Eine Wellenwanne ist ein klassisches Experimentiergerät aus der Physik. Sie besteht aus einem flachen, mit Wasser gefüllten Becken mit einem durchsichtigen Boden. Sie dient dazu, das Verhalten und die Ausbreitung von Wellen (wie Schall oder Licht) mithilfe von gut sichtbaren Wasserwellen zu veranschaulichen.

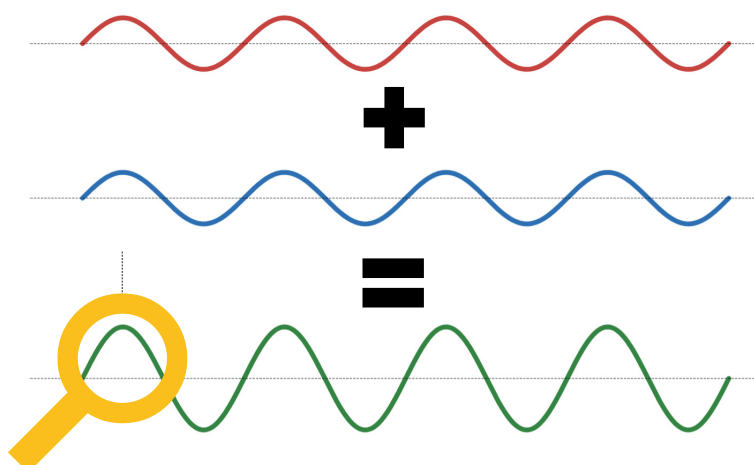


Welleneigenschaften von Licht

2. Interferenz von Licht

Auf dem Schirm sind auch dunkle Stellen zwischen den hellen Stellen zu sehen. Diese dunklen Stellen entstehen durch Interferenz. Interferenz ist ein Phänomen, das 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



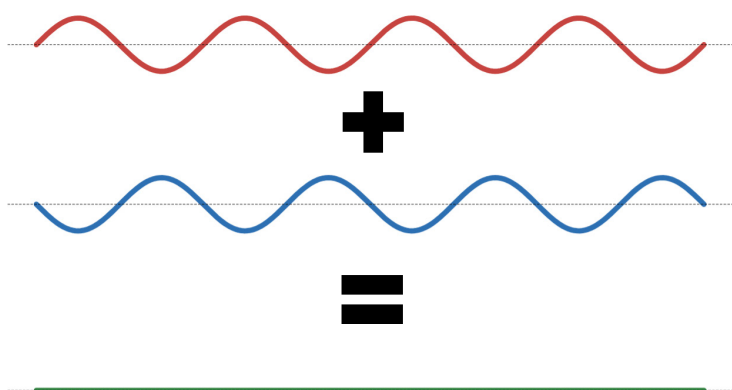
Amplitude

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.

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.

Destruktive Interferenz

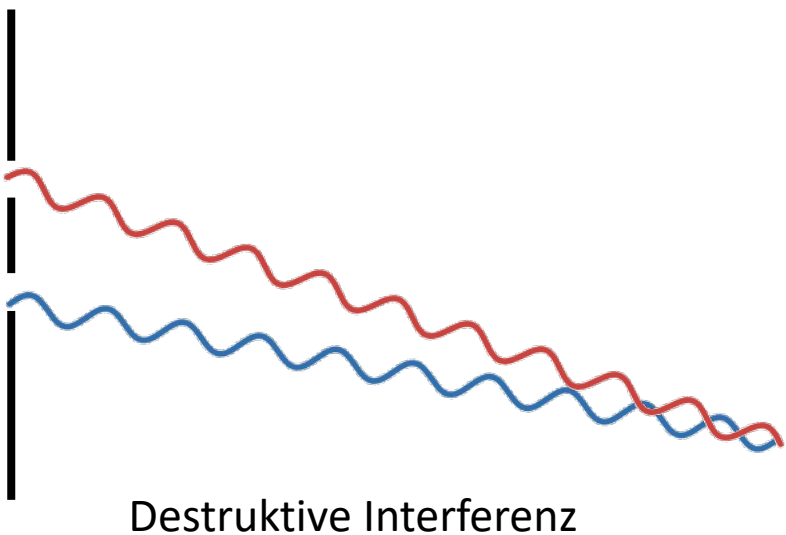
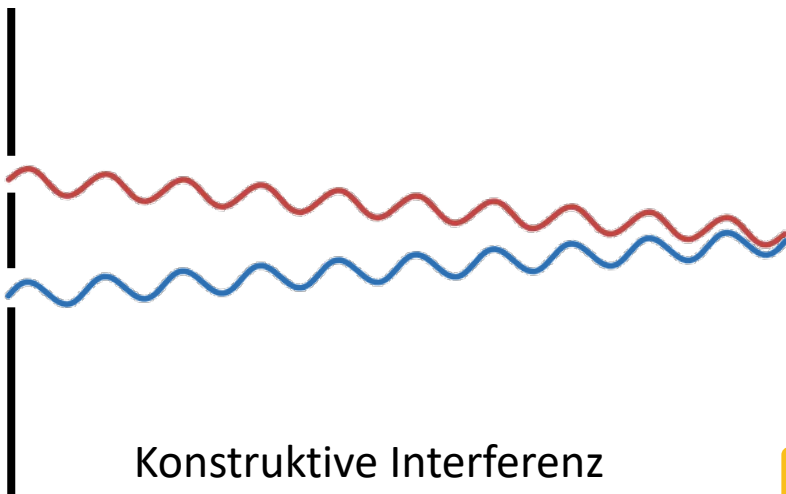


Noise-Cancelling

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

Interferenz am Doppelspalt

Am Doppelspalt tritt sowohl konstruktive als auch destruktive Interferenz auf. Die Abbildungen zeigen, wie beide Arten der Interferenz entstehen.



Wellenlänge

Die Wellenlänge von sichtbarem Licht liegt etwa zwischen 380 nm und 780 nm und ist damit sehr viel kürzer als hier dargestellt. Deshalb muss der Doppelspalt sehr klein sein, damit wir Interferenz sehen können.

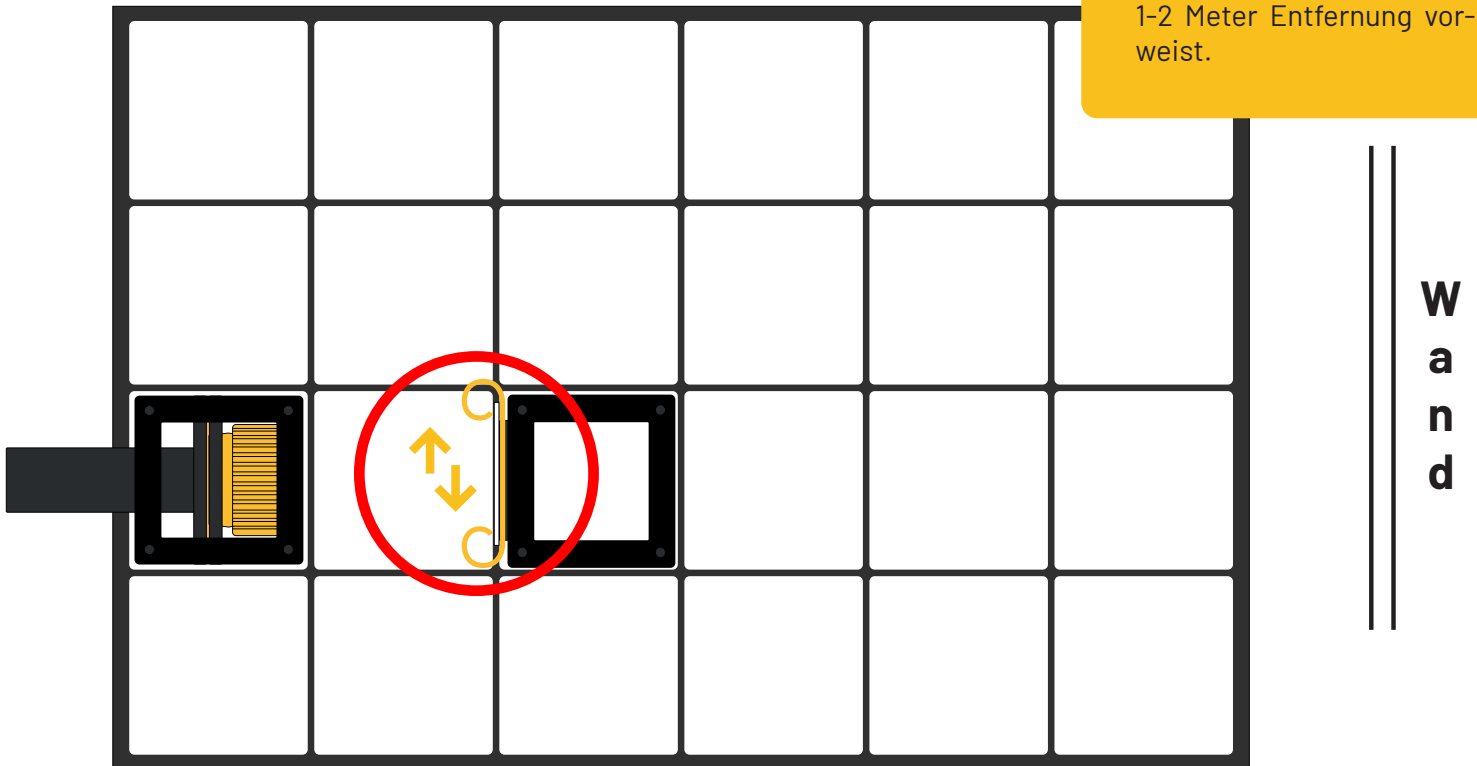
Interferenz am Doppelspalt

Die Form des Interferenzmusters hängt davon ab, wie weit die beiden Spalten voneinander entfernt sind. Das Dia wird in den Projektionsschirmträger eingespannt und hin und her geschoben. Die Projektion soll an einer Wand stattfinden.



Darstellung an einer Wand

Um das Muster gut erkennen zu können, projiziere dies auf einer Wand die ca. 1-2 Meter Entfernung vorweist.



Vergleiche die drei Doppelspalten miteinander. Wie verändert sich das Interferenzmuster?



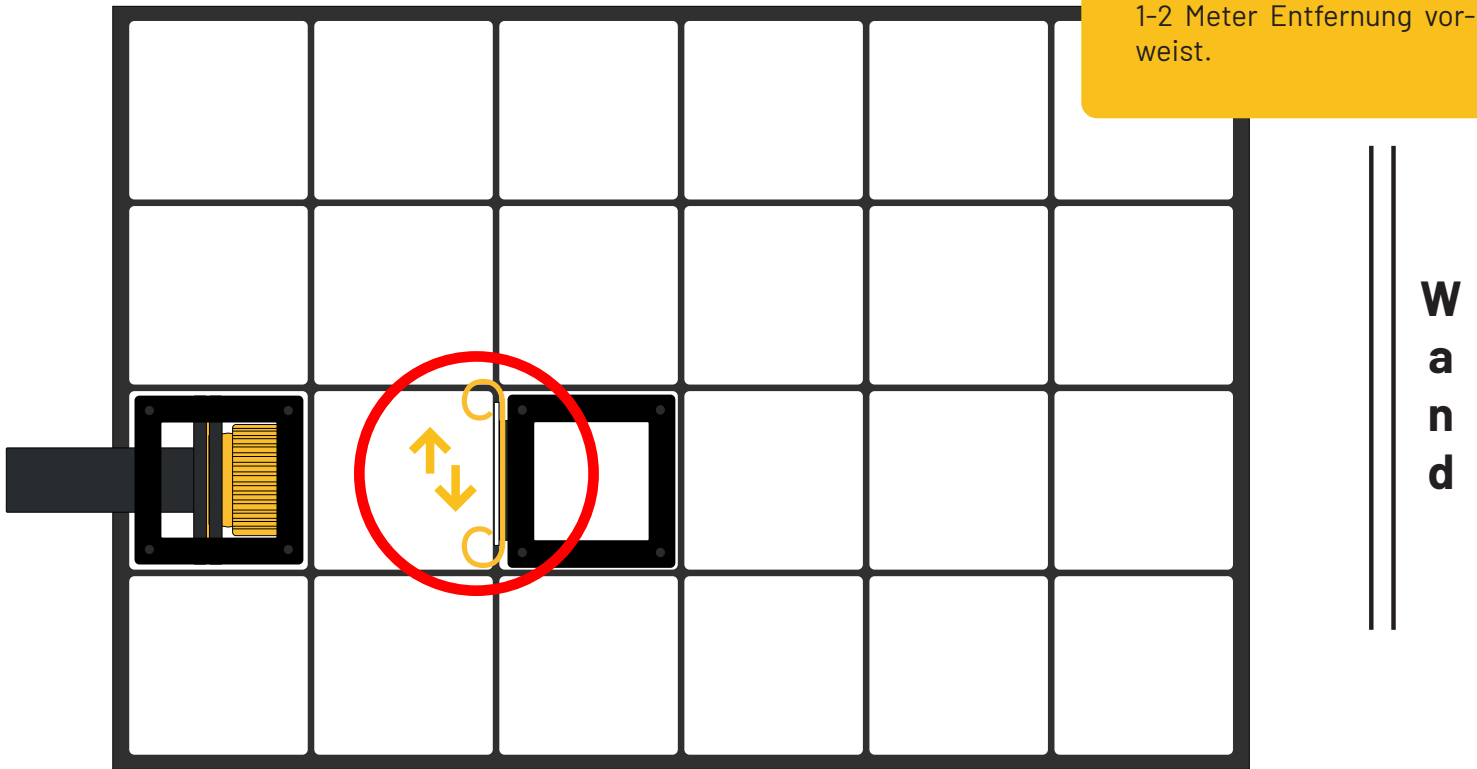
Interferenz am Gitter

Der Interferenzeffekt lässt sich mit einem Gitter, also vielen Spalten mit gleichmäßigem Abstand, noch deutlicher beobachten. Führe das Experiment noch einmal aus, diesmal mit dem Gitter statt dem Spalt.



Darstellung an einer Wand

Um das Muster gut erkennen zu können, projiziere dies auf einer Wand die ca. 1-2 Meter Entfernung vorweist.



Beschreibe, wie sich das Interferenzmuster des Gitters von dem Muster der Doppelspalte unterscheidet?



Ausblick Interferenz

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.

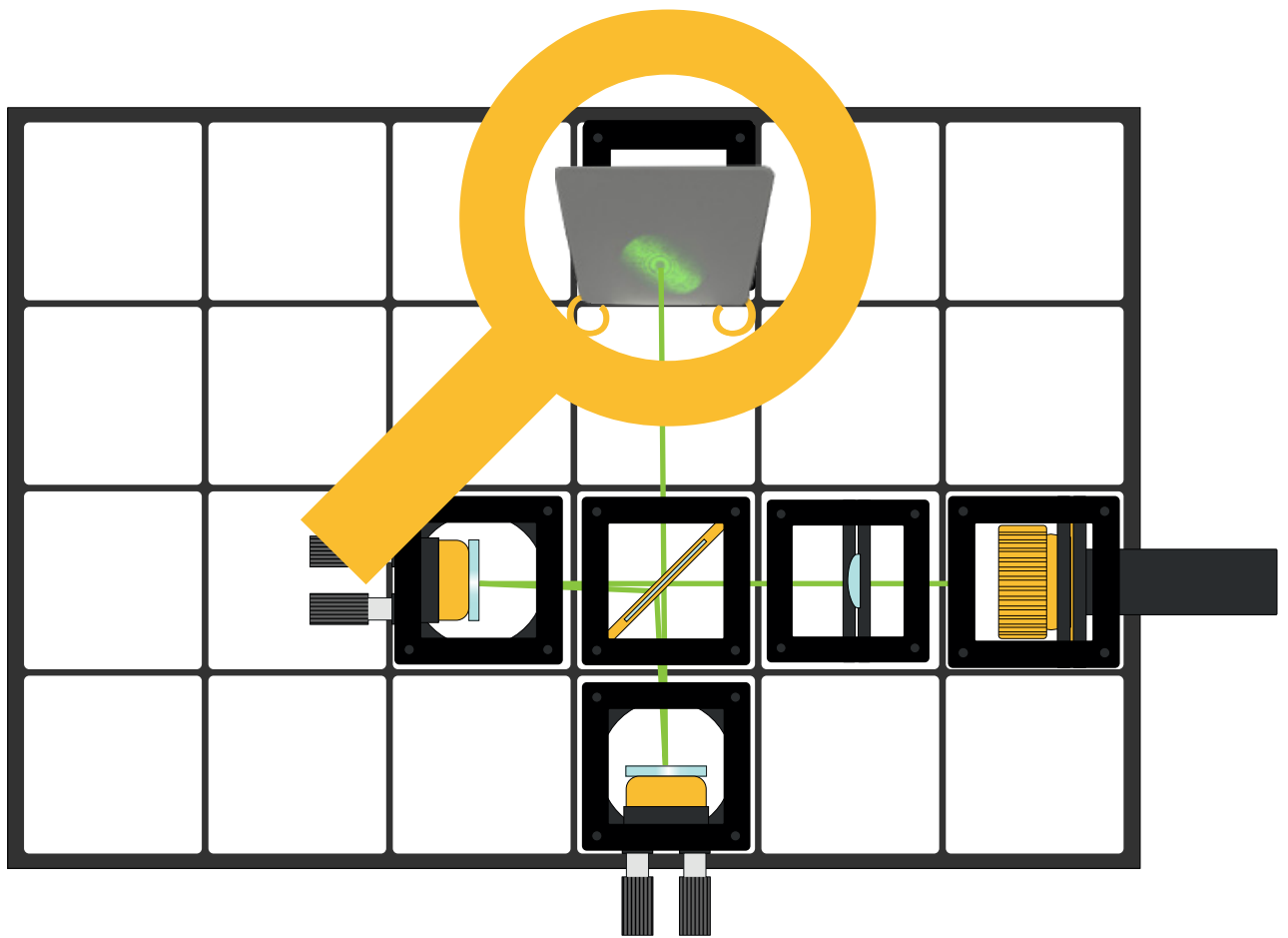
Kohärentes Licht: Beispiel 2 – Laserlicht

Licht aus speziellen Lichtquellen ist auch bei größeren Wegunterschieden kohärent. Insbesondere Laser haben eine sehr große Kohärenzlänge, so dass 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.

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.

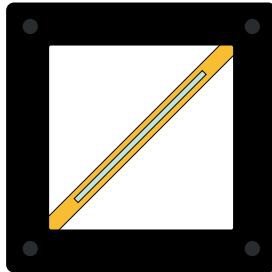


Interferenzmuster

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

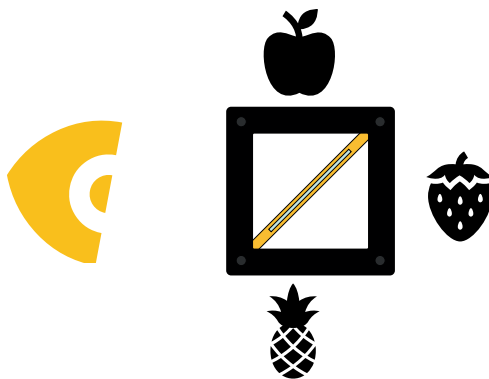
Der Strahlteiler

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



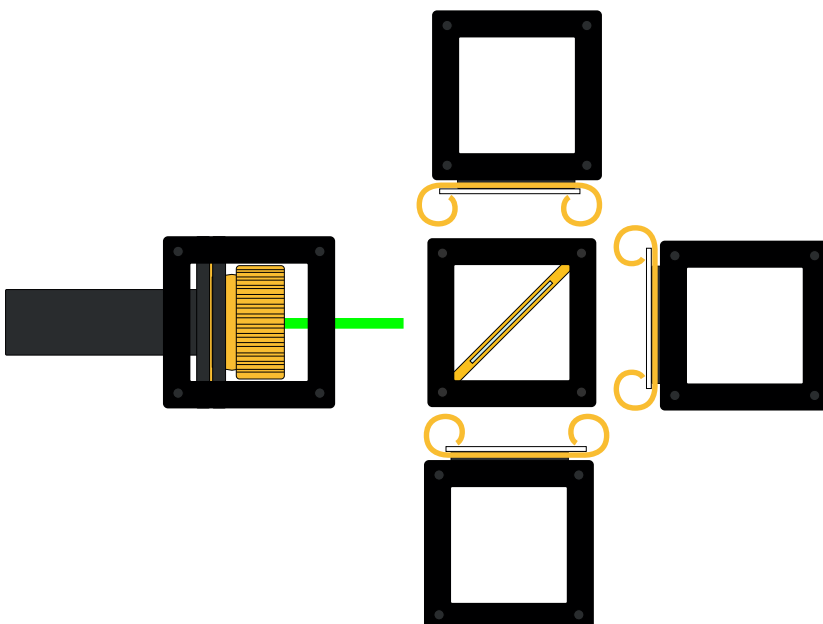
1

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.

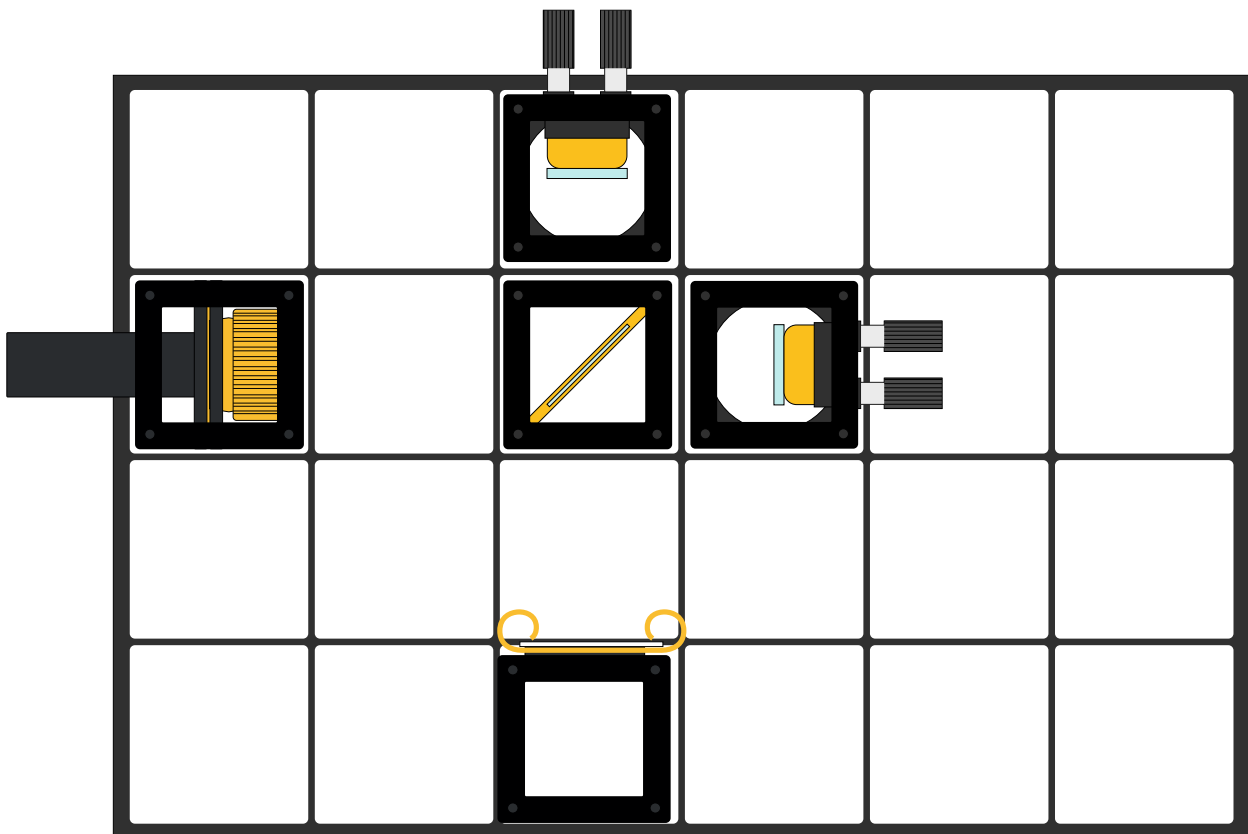
Das Michelson-Interferometer

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

1

Aufbau ohne plankonvexe Linse

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

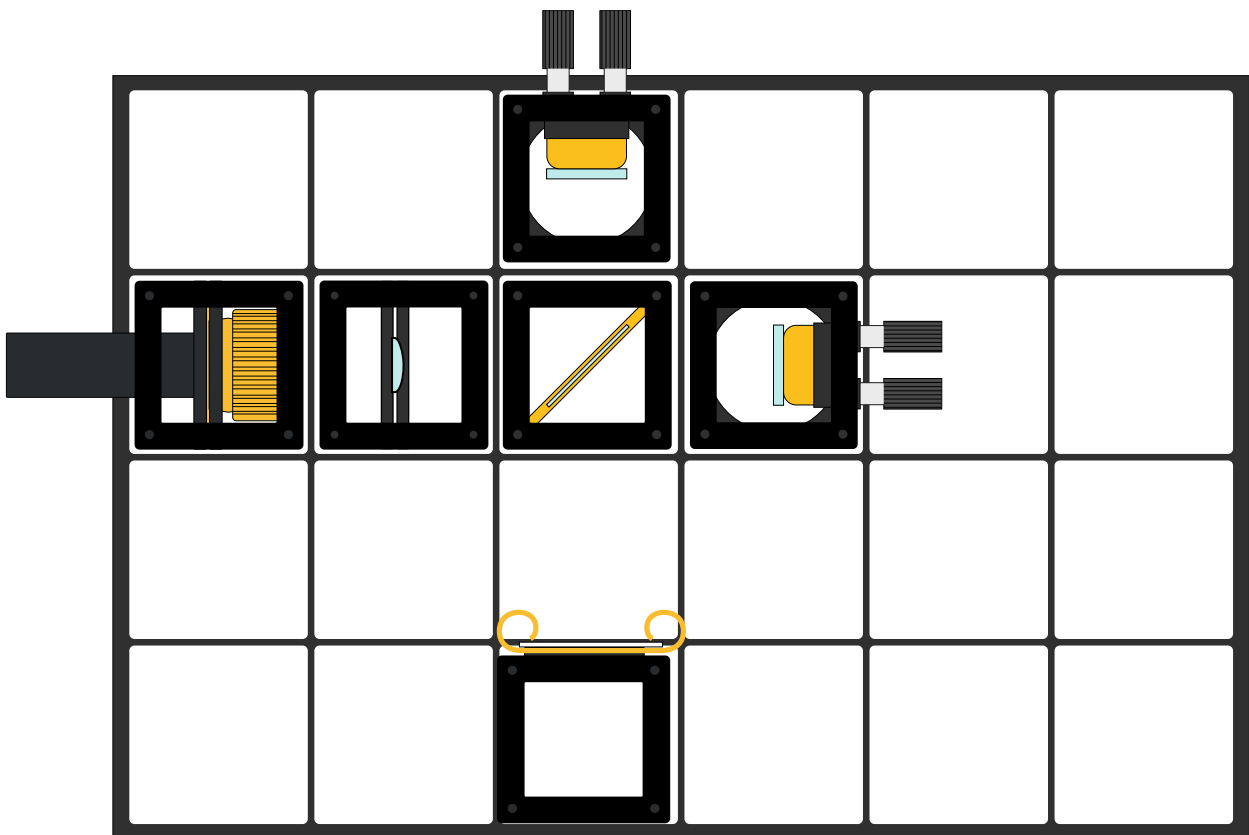


Das Michelson-Interferometer

2

Aufbau mit plankonvexer Linse

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



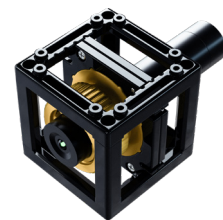
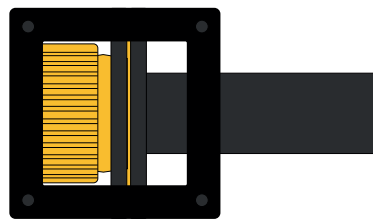
Justage des Michelson-Interferometers

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

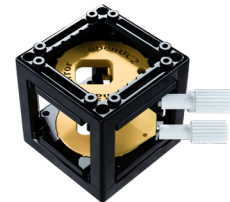
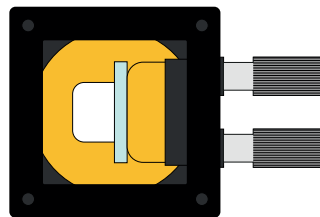
1

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

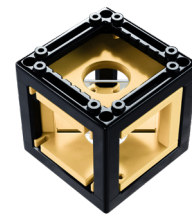
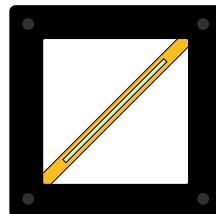
Lasermodul (Laserklasse 2)



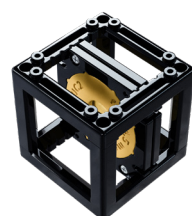
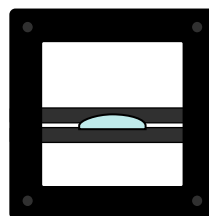
Kinematischer Spiegel, 90°, 2x



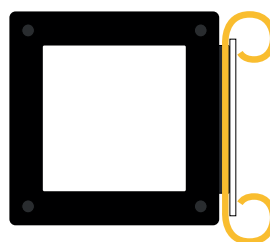
Strahlteiler



Plankonvexe Linse, f 44.5



Projektionsschirm mit Projektionsträger



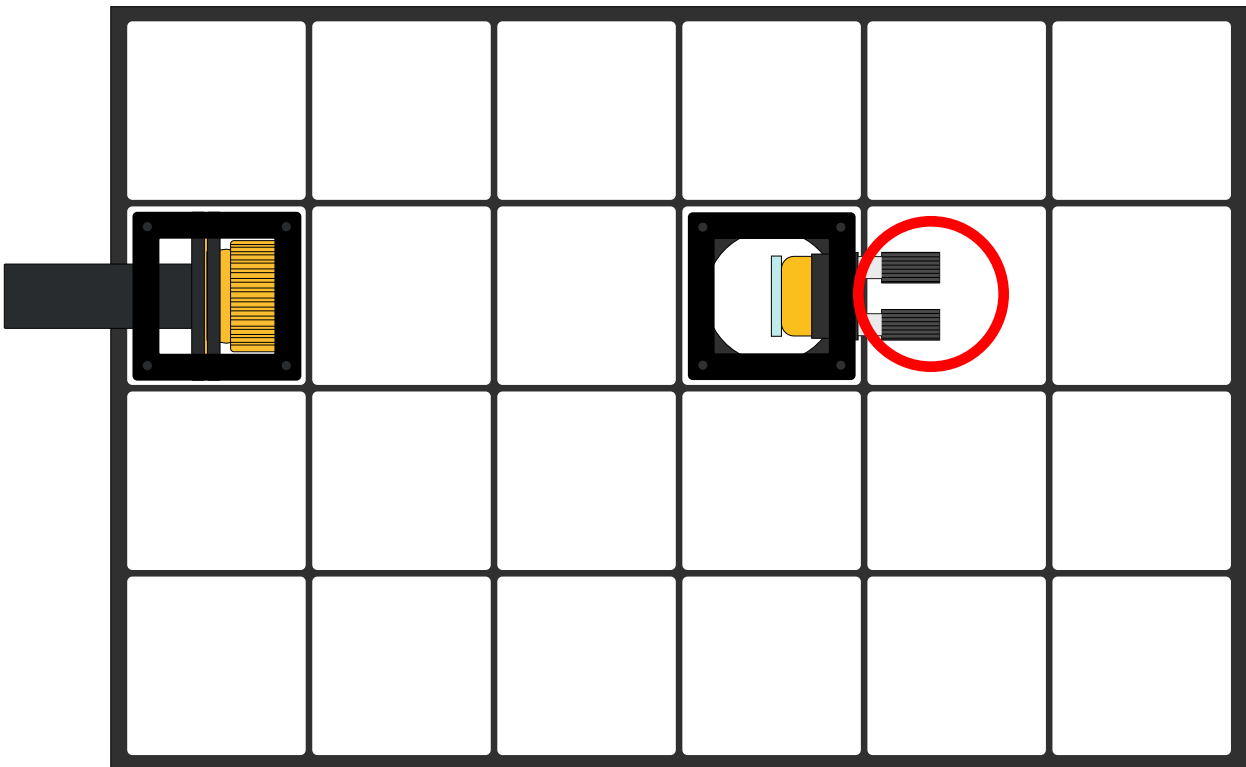
2

Baue die folgende 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 beide Teilstrahlen dieselbe Stelle treffen.

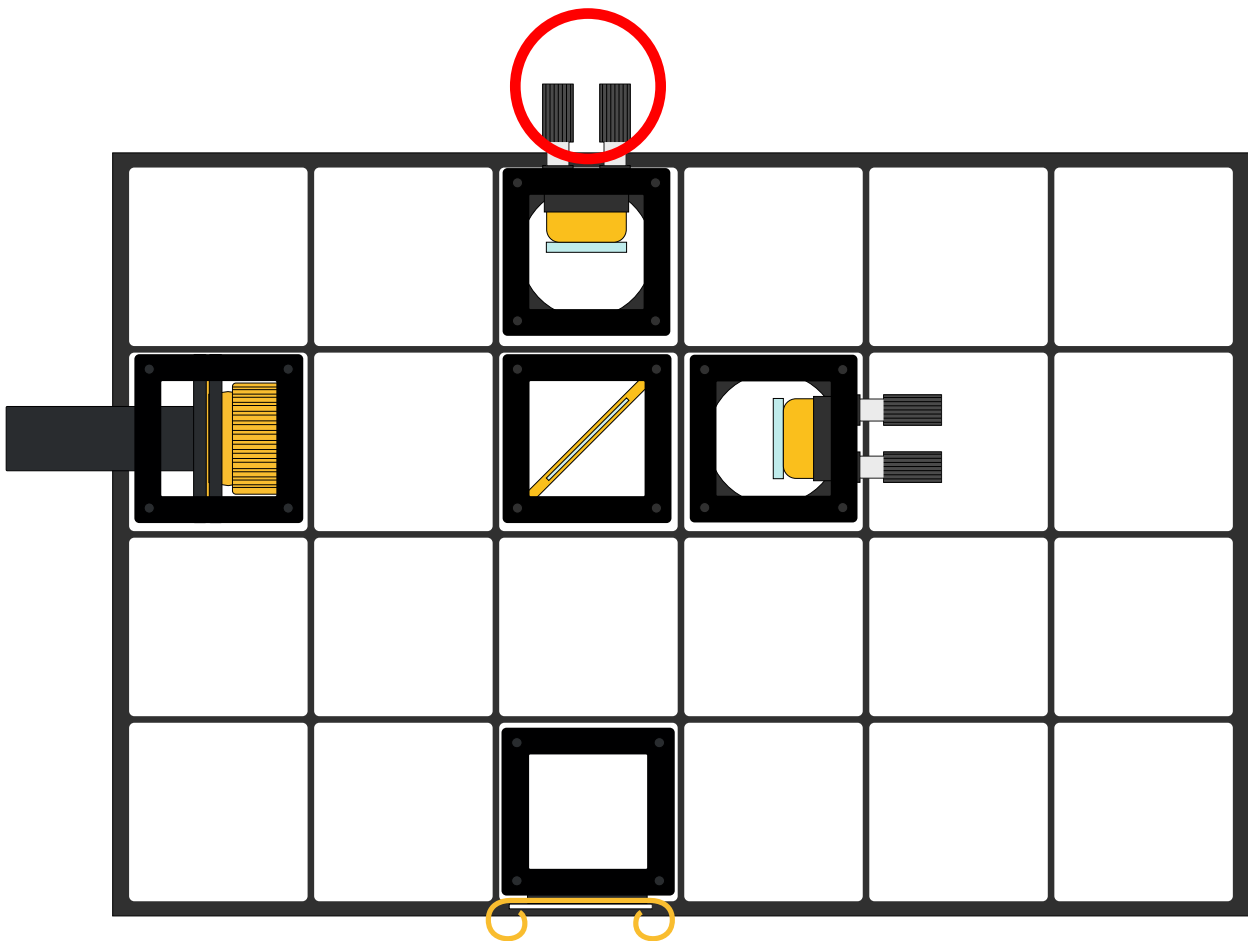
3

Ergänze den Strahlteiler, den Projektionsschirm und einen zweiten kinematischen 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.



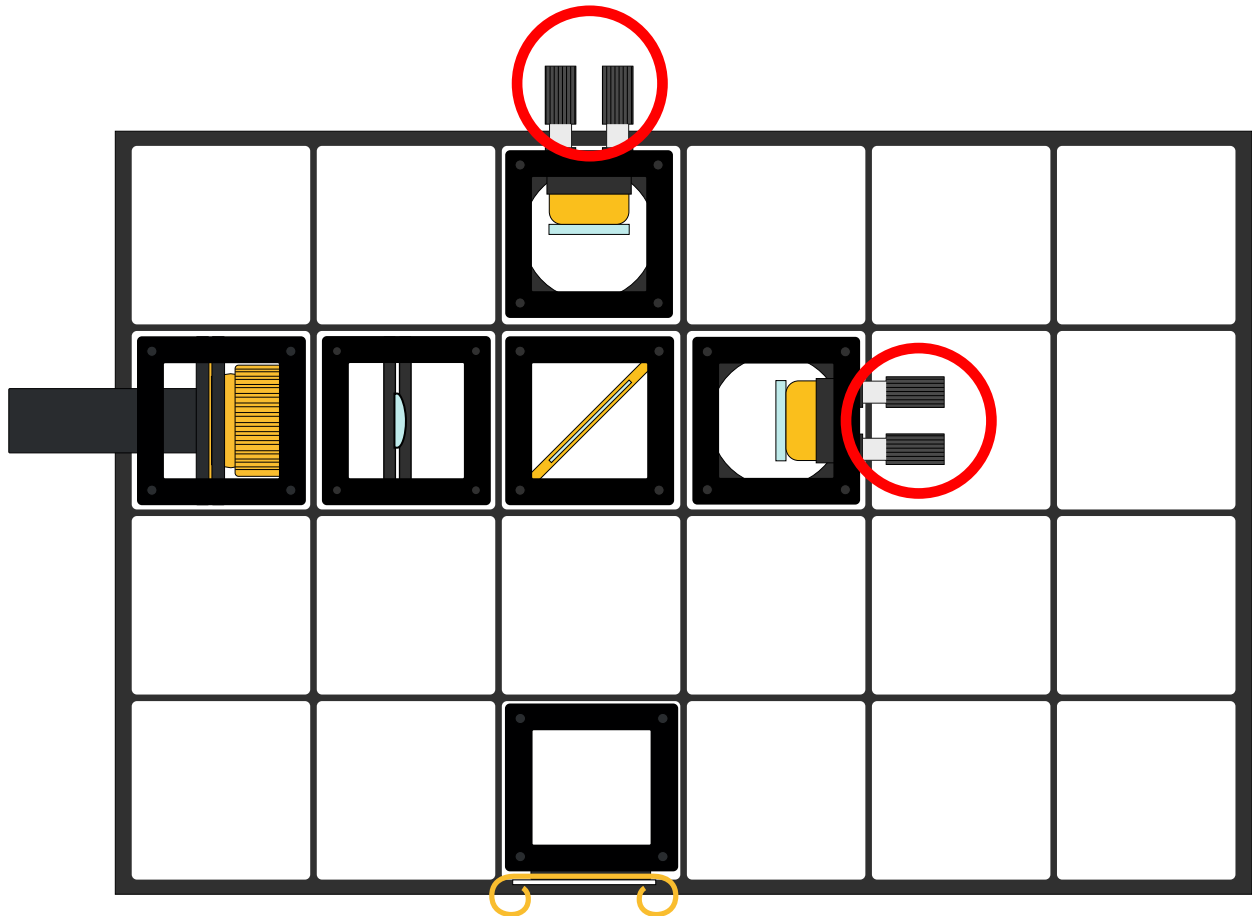
4

Ergänze die plankonvexe Linse wie in 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.



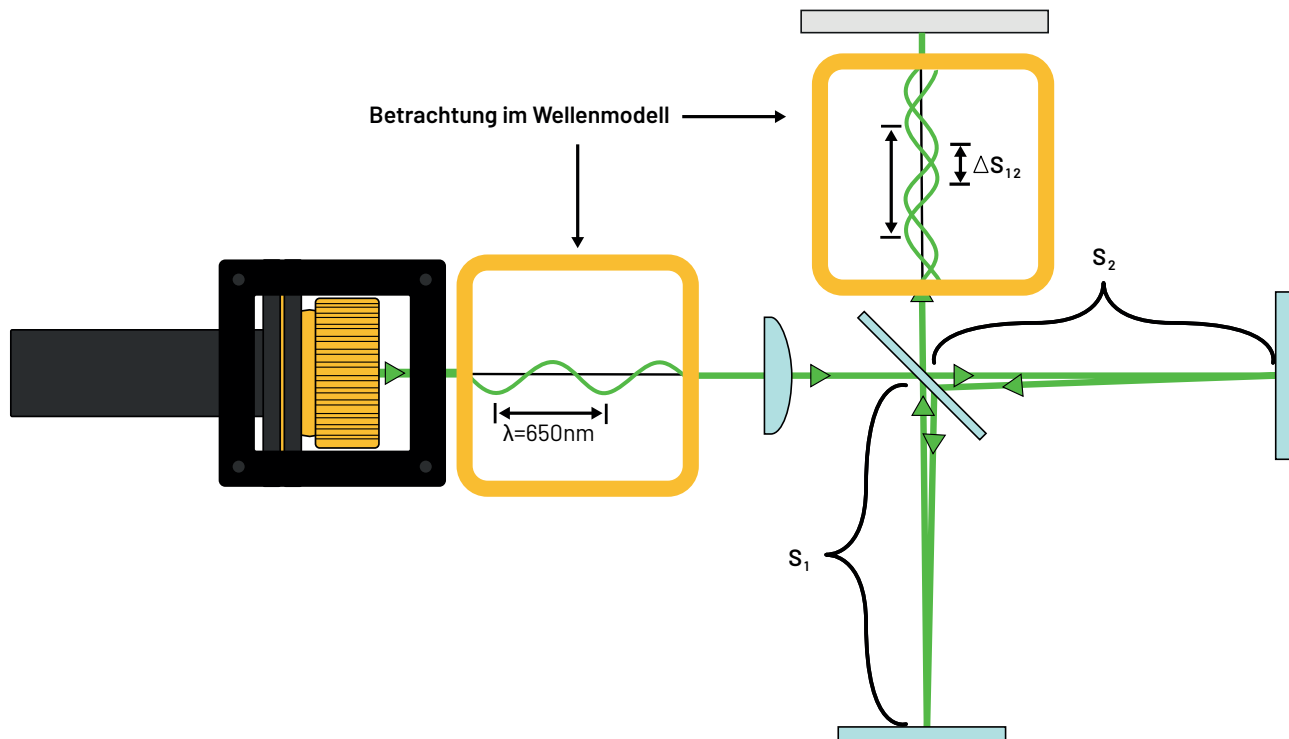
Schaltet den Laser nur zur Justage ein und danach wieder aus!

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 Projektionsschirm 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 Basisplatte und beobachte das Interferenzmuster. Erkläre deine Beobachtungen!



Anwendungen des Michelson-Interferometer

Als präzises Messgerät hat das Michelson-Interferometer in der Geschichte der Physik eine wichtige Rolle gespielt und auch heute wird es noch in der Industrie und für medizinische Zwecke genutzt.

Michelson-Morley-Experiment

Anfang des 20. Jahrhunderts waren Physiker:innen davon überzeugt, dass Licht ein Ausbreitungsmedium benötigt, ähnlich wie Schallwellen Luft benötigen, um sich auszubreiten. Mit dem Michelson-Morley-Experiment auf Basis des Michelson-Interferometers wurde ein erster Hinweis darauf gefunden, dass es ein solches Ausbreitungsmedium nicht gibt.

Gravitationswellen

Im September 2015 wurden erstmals erfolgreich Gravitationswellen gemessen. Der verwendete Detektor LIGO ist ein riesiges Michelson-Interferometer, dessen Arme vier Kilometer lang sind. Der Lichtweg wird sogar noch künstlich vergrößert, sodass das Licht in jedem der Arme des Interferometers mehr als 1000 km zurücklegt.

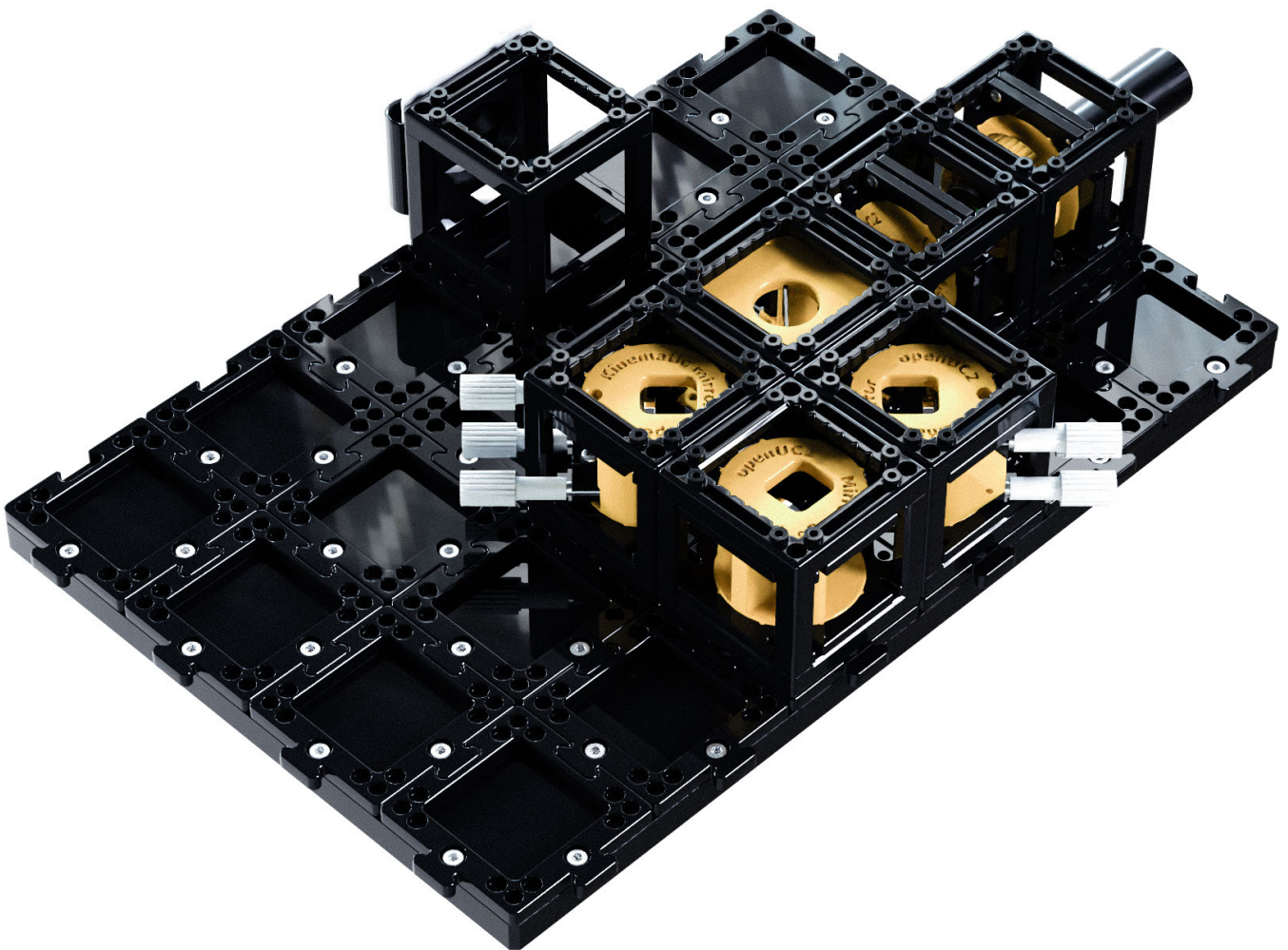
Sensoren

In der Industrie werden Michelson-Interferometer heutzutage als Sensoren genutzt. Beispielsweise können mit einem Michelson-Interferometer Gase in der Luft bestimmt werden, indem die Änderung des Brechungsindex gemessen wird.

Medizin

Auch für medizinische Zwecke werden Michelson-Interferometer genutzt. Sie sind beispielsweise in optischen Kohärenztomographen verbaut, mit denen die Netzhaut präzise vermessen werden kann.

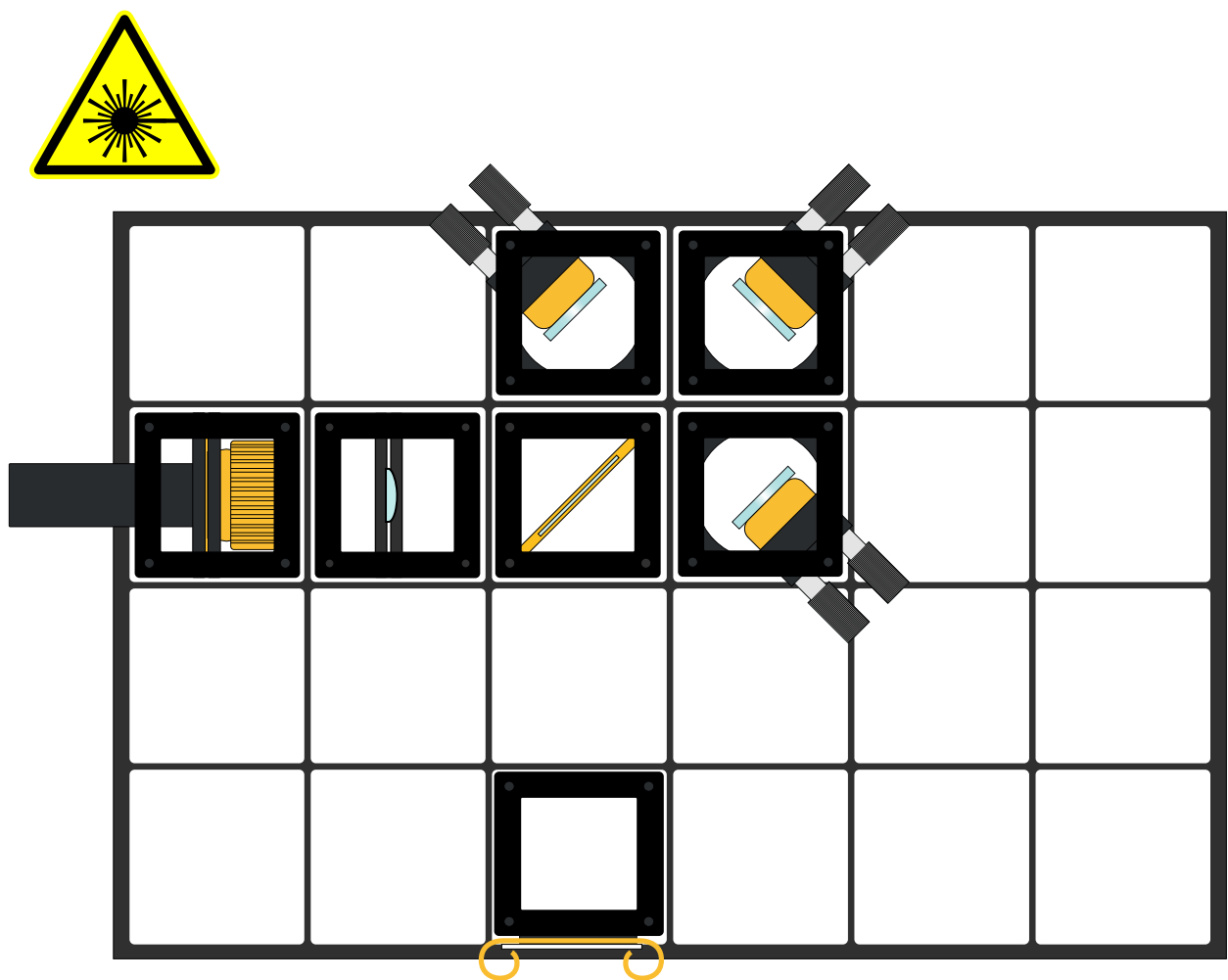
Sagnac-Interferometer



Das Sagnac-Interferometer

Aufbau mit Linse

Wie auch beim Michelson-Interferometer kann im Sagnac-Interferometer eine Linse ergänzt werden, die dafür sorgt, dass auf dem Schirm später ein Interferenzmuster zu sehen ist. Der Aufbau sieht folgendermaßen aus:

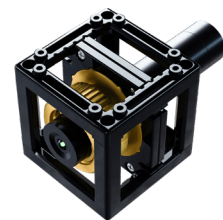
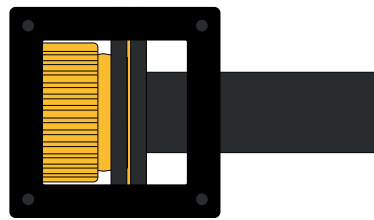


Justage des Sagnac-Interferometers

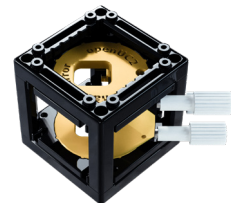
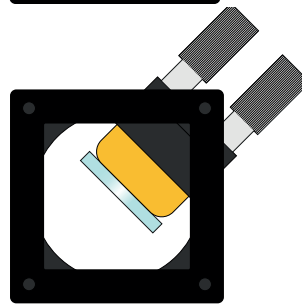
Damit die beiden Teilstrahlen des Lasers wirklich kohärent sind, muss das Interferometer präzise justiert werden. Die folgenden Schritte sollen bei einer präzisen Justage helfen.

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

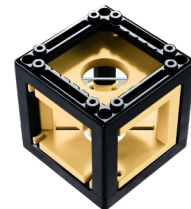
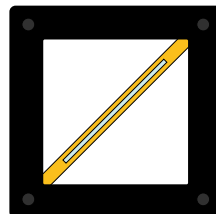
Lasermodul (Laserklasse 2)



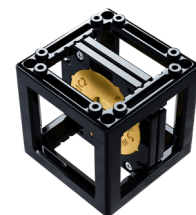
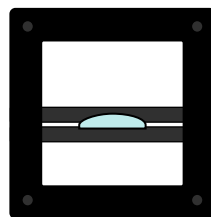
Kinematischer Spiegel, 45°, 3x



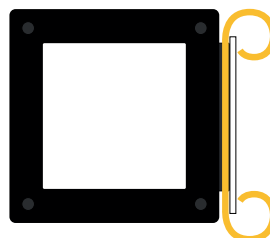
Strahlteiler



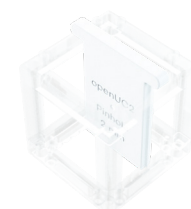
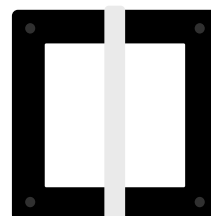
Plankonvexe Linse, f 44.5



Projektionsschirm mit Projektionsträger



Lochblende





Spiegel drehen

Eventuell musst du die Spiegel in der Halterung drehen. Siehe in der Aufbauanleitung wie das geht.

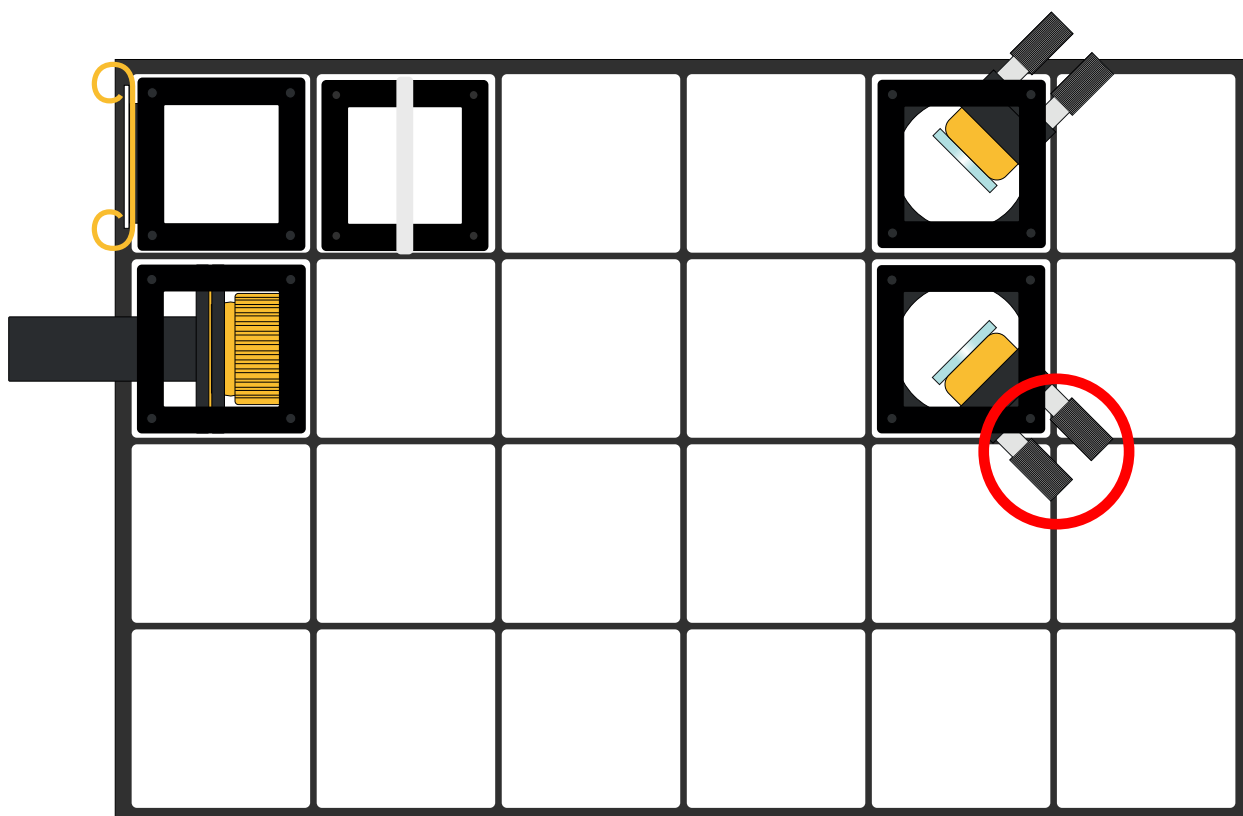
2

Bau die folgende Anordnung nach und justiere den Spiegel so, dass der Laserstrahl mittig durch die Lochblende auf den Schirm trifft.



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

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



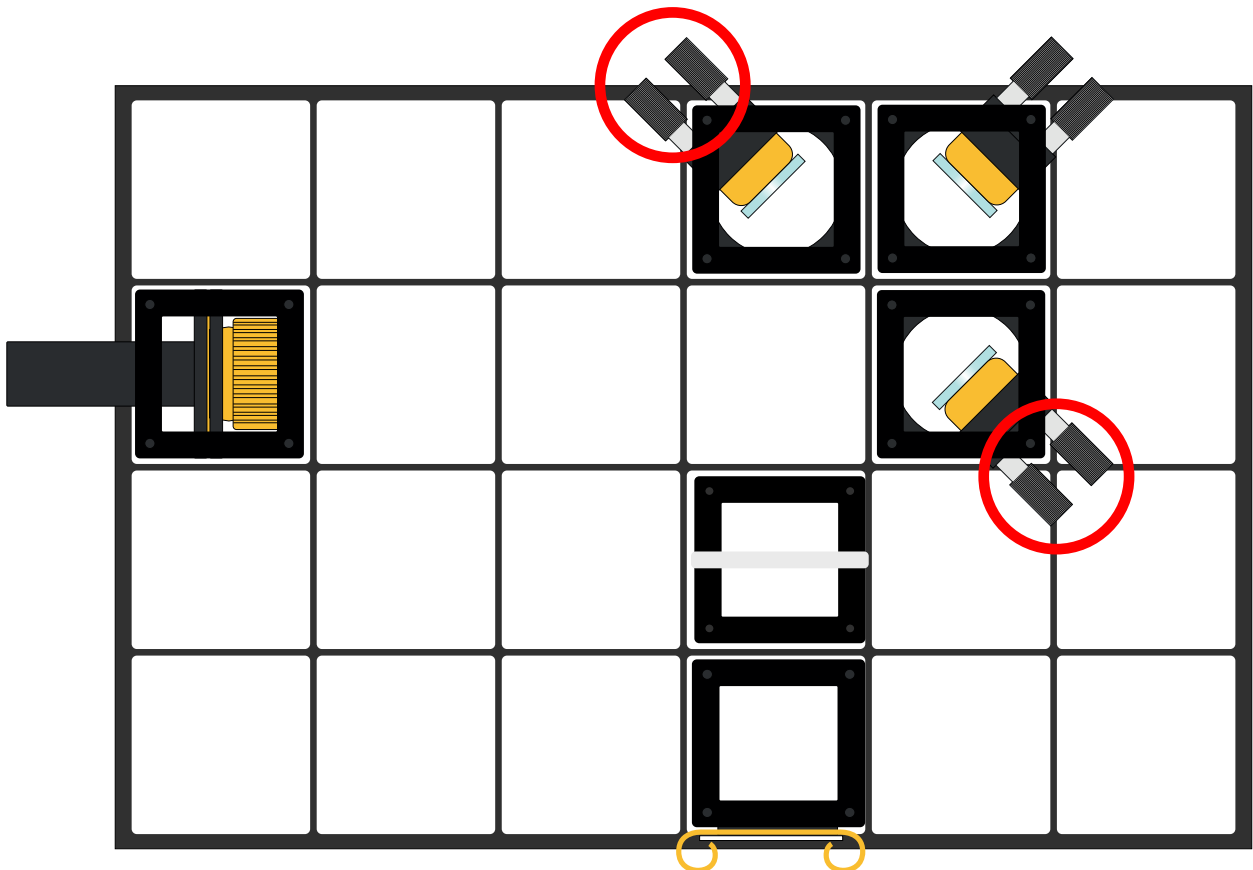
3

Ergänze den dritten Spiegel und justiere wieder so, dass der Laserstrahl mittig durch die Lochblende auf den Schirm trifft. Justiere dafür nur die markierten Spiegel.



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

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



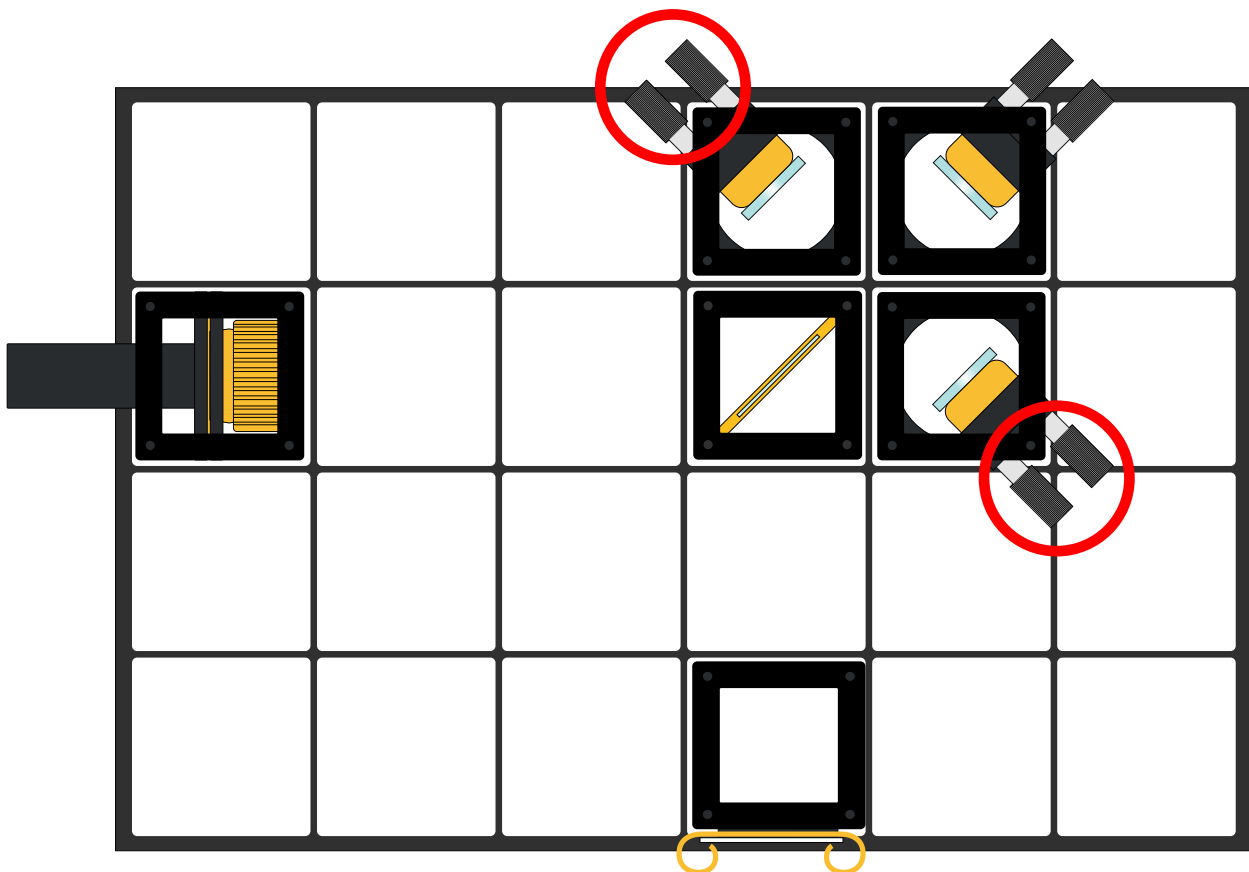
4

Ergänze den Strahlteiler und justiere die Spiegel so, dass beide Teilstrahlen auf dem Schirm dieselbe Stelle treffen. Die Lochblende ist für diesen Schritt nicht mehr nötig.



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

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



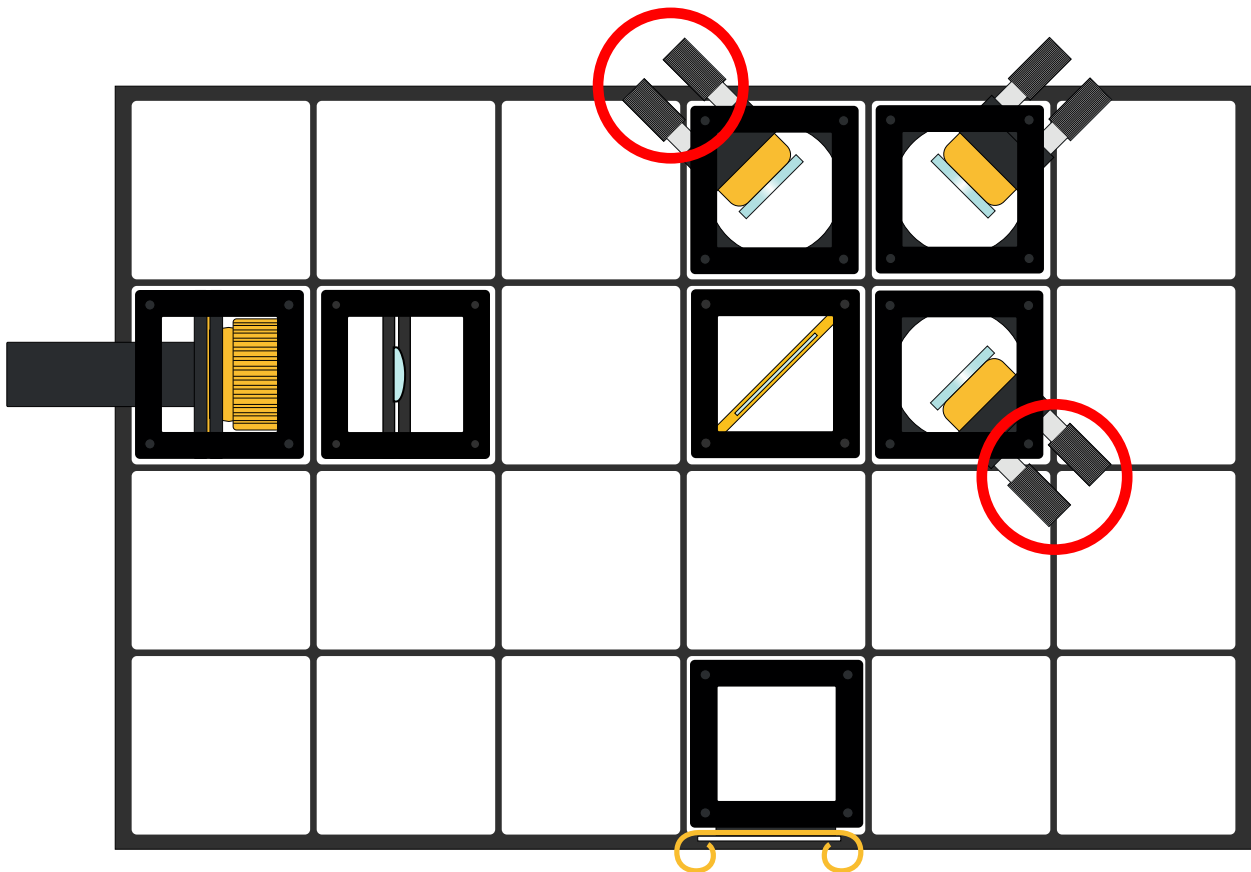
5

Ergänze eine Linse und drehe die Lochblende um 180° . Justiere die beiden Spiegel jetzt so, dass sich die beiden Lichtpunkte, die durch die Lochblende auf den Schirm treffen, genau überlappen.



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 beide Teilstrahlen dieselbe Stelle treffen.

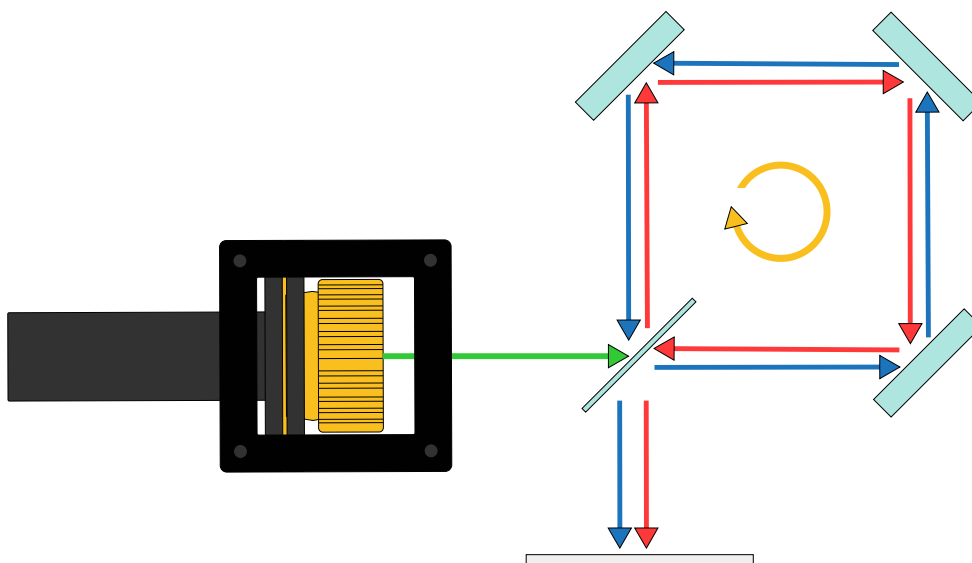
Anwendung des Sagnac-Interferometers

Auch das Sagnac-Interferometer lässt sich als Sensor nutzen. Während das Michelson-Interferometer Längenänderungen messen kann, ist das Sagnac-Interferometer aber darauf ausgelegt, Änderungen in der Rotationsgeschwindigkeit zu messen.

Absolute Lichtgeschwindigkeit

Im Sagnac-Interferometer wird ausgenutzt, dass die Geschwindigkeit von Licht eine absolute Größe ist. Wirfst du einen Ball aus dem Auto, dann addiert sich die Geschwindigkeit deines Wurfes zu der des Autos. Bei Licht ist das anders. Das Licht, das von den Scheinwerfern erzeugt wird, breitet sich genauso schnell aus wie das Licht der Straßenlaterne am Straßenrand – egal wie schnell das Auto fährt. Dasselbe gilt für das Laserlicht im Sagnac-Interferometer: Es breitet sich in beide Richtungen gleich schnell aus, egal wie schnell das Interferometer gedreht wird.

Wenn aber das Sagnac-Interferometer jetzt gedreht wird, bewegt sich der Strahlteiler auf den einen Teil des Lichts zu und vom anderen Teil des Lichts weg. Dies wird auf der Abbildung dargestellt. Wenn das Interferometer im Uhrzeigersinn gedreht wird, während Licht den blauen Weg entlangläuft, bewegt der Strahlteiler sich währenddessen auf das Licht zu. Wenn es den roten Weg nimmt, bewegt der Strahlteiler sich von dem Licht weg. Dieser Unterschied sorgt dafür, dass sich der Unterschied zwischen beiden Lichtwegen ändert und man eine Änderung im Interferenzmuster sieht.

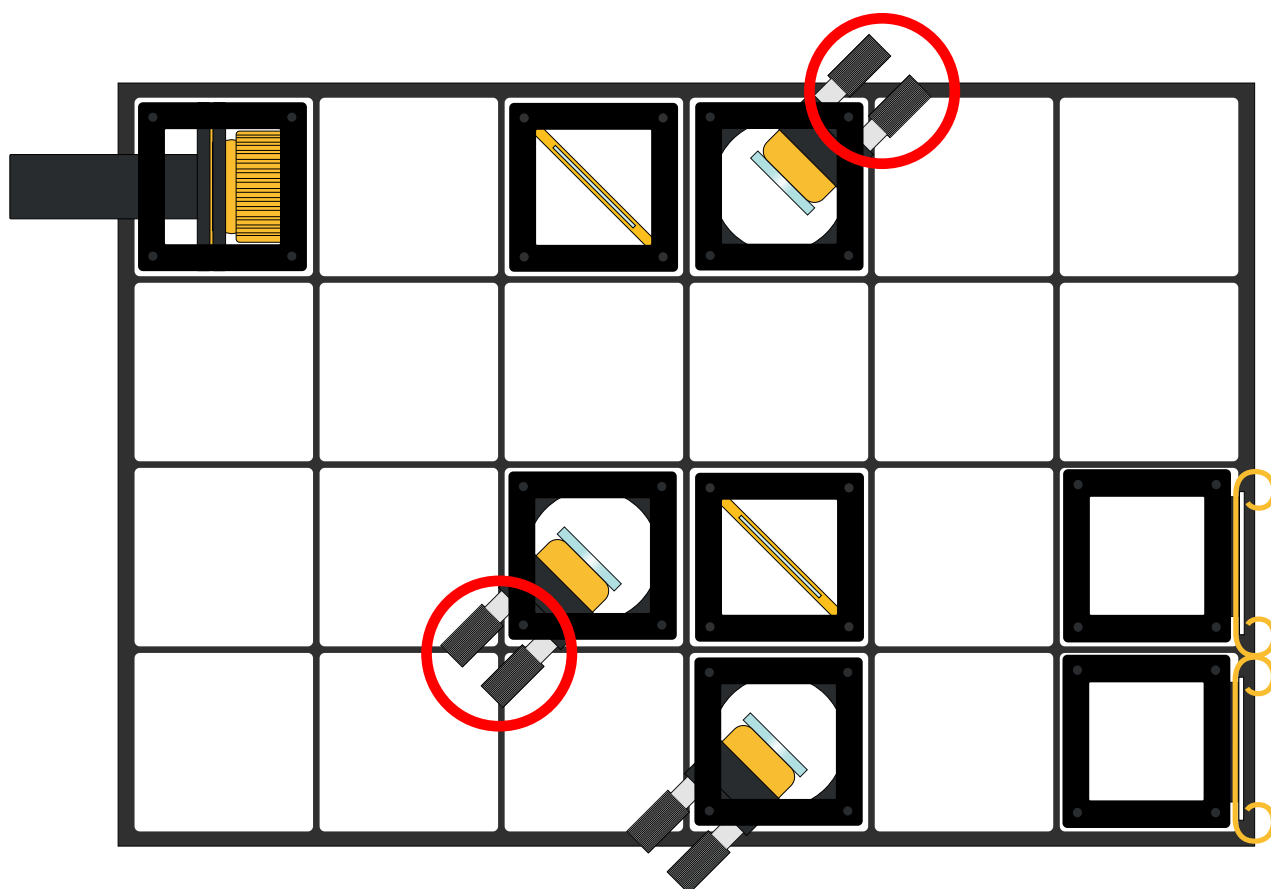


Mach-Zehnder-Interferometer

Im Mach-Zehnder-Interferometer wird wie zuvor ein Strahlteiler genutzt, um den Laserstrahl in zwei Teilstrahlen aufzuteilen. Anders als beim Michelson- und beim Sagnac-Interferometer wird zum Überlagern ein zweiter Strahlteiler genutzt.

1

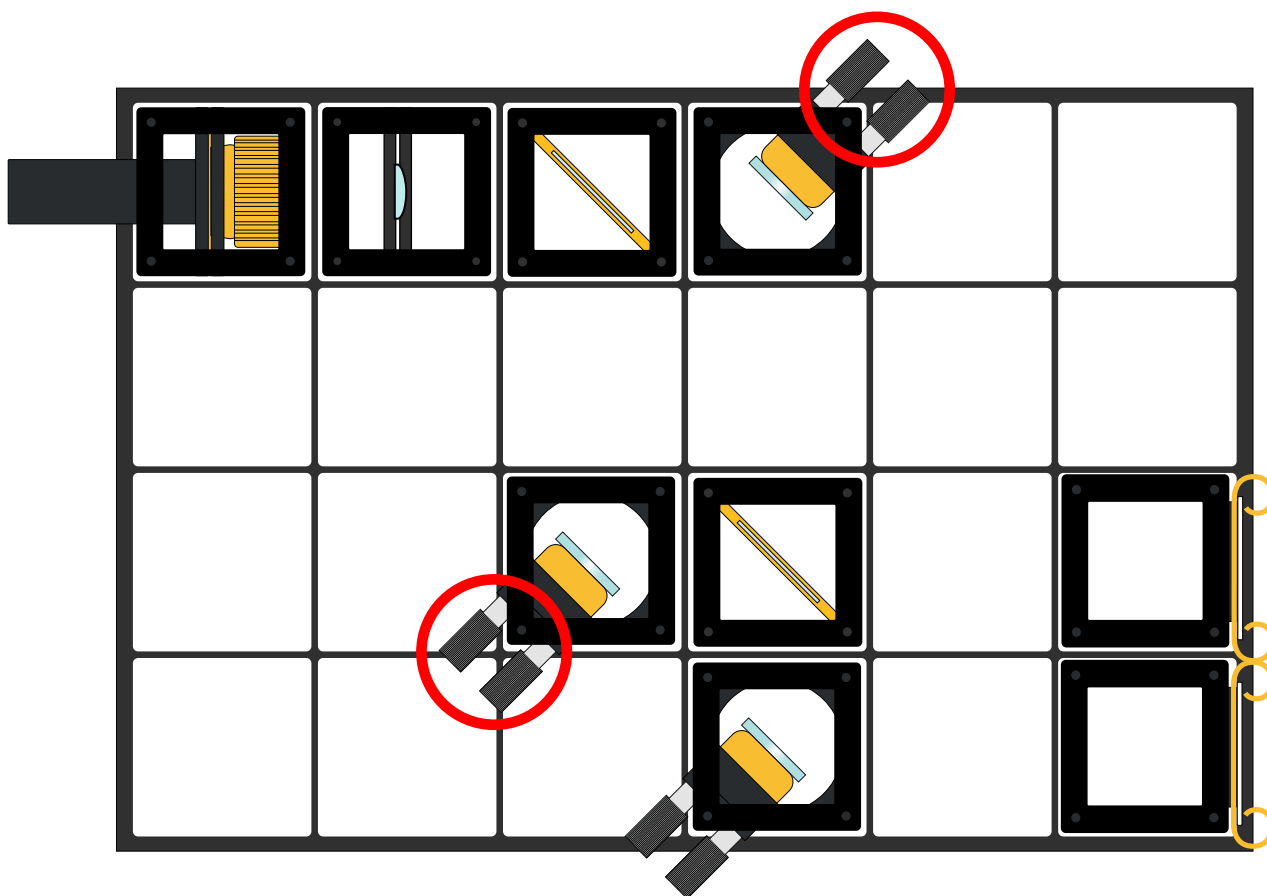
Die folgende Skizze stellt den Aufbau eines Mach-Zehnder-Interferometers dar. Achte dabei darauf dass die zu justierenden Spiegel markiert sind. Zeichne den Laserstrahl ein!



Mach-Zehnder-Interferometer

Aufbau mit Linse:

Auch beim Mach-Zehnder-Interferometer kann eine Linse ergänzt werden, die dafür sorgt, dass auf dem Schirm später ein Interferenzmuster zu sehen ist. Der Aufbau sieht folgendermaßen aus:

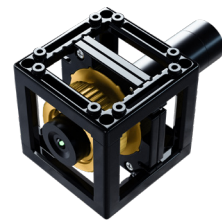
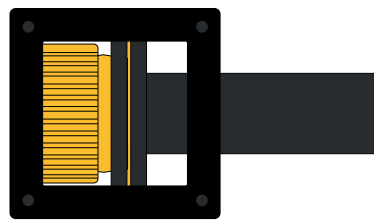


Justage des Mach-Zehnder-Interferometers

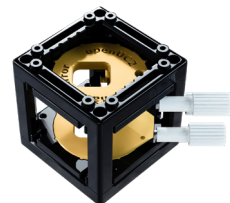
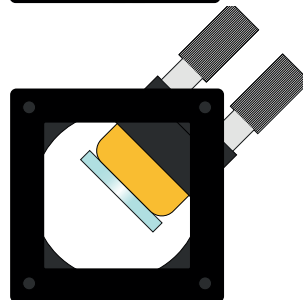
Damit die beiden Teilstrahlen des Lasers wirklich kohärent sind, muss das Interferometer präzise justiert werden. Die folgenden Schritte sollen bei einer präzisen Justage helfen.

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

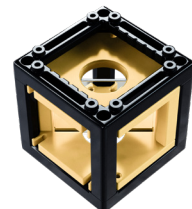
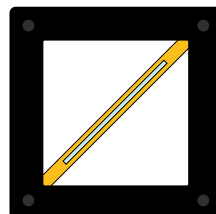
Lasermodul (Laserklasse 2)



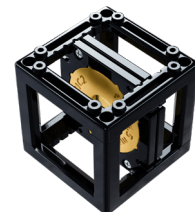
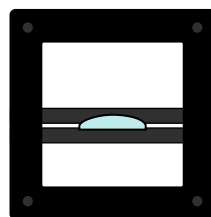
Kinematischer Spiegel, 45°, 3x



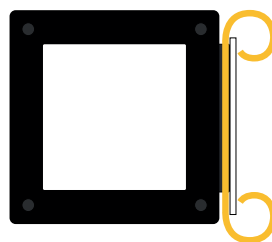
Strahlteiler 2x



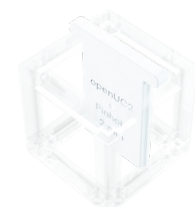
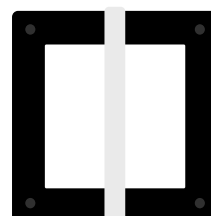
Plankonvexe Linse, f 44.5



Projektionsschirm mit Projektionsträger 2x



Lochblende





Spiegel drehen

Eventuell musst du die Spiegel in der Halterung drehen. Siehe in der Aufbauanleitung wie das geht.

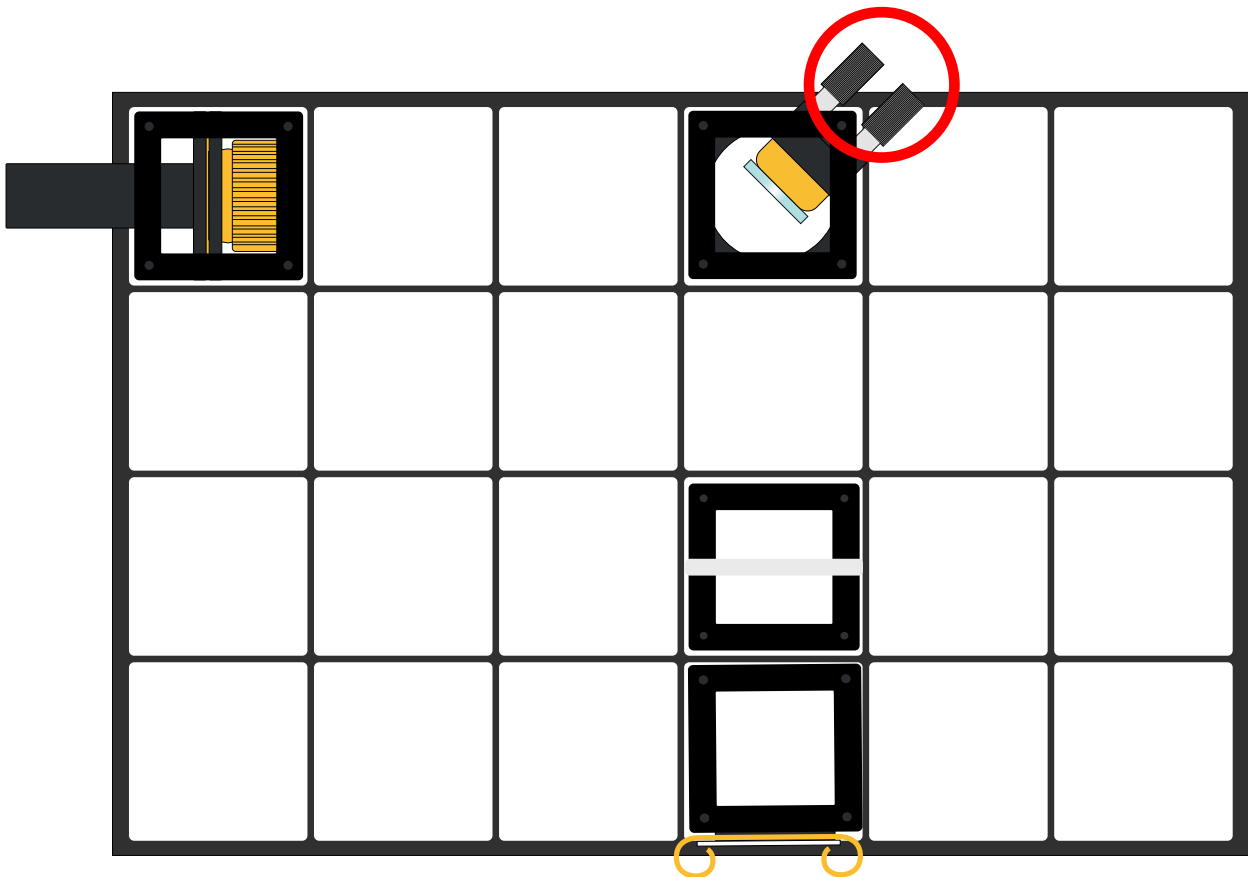
2

Bau die folgende Anordnung nach und justiere den Spiegel so, dass der Laserstrahl mittig durch die Lochblende auf den Schirm trifft.



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

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



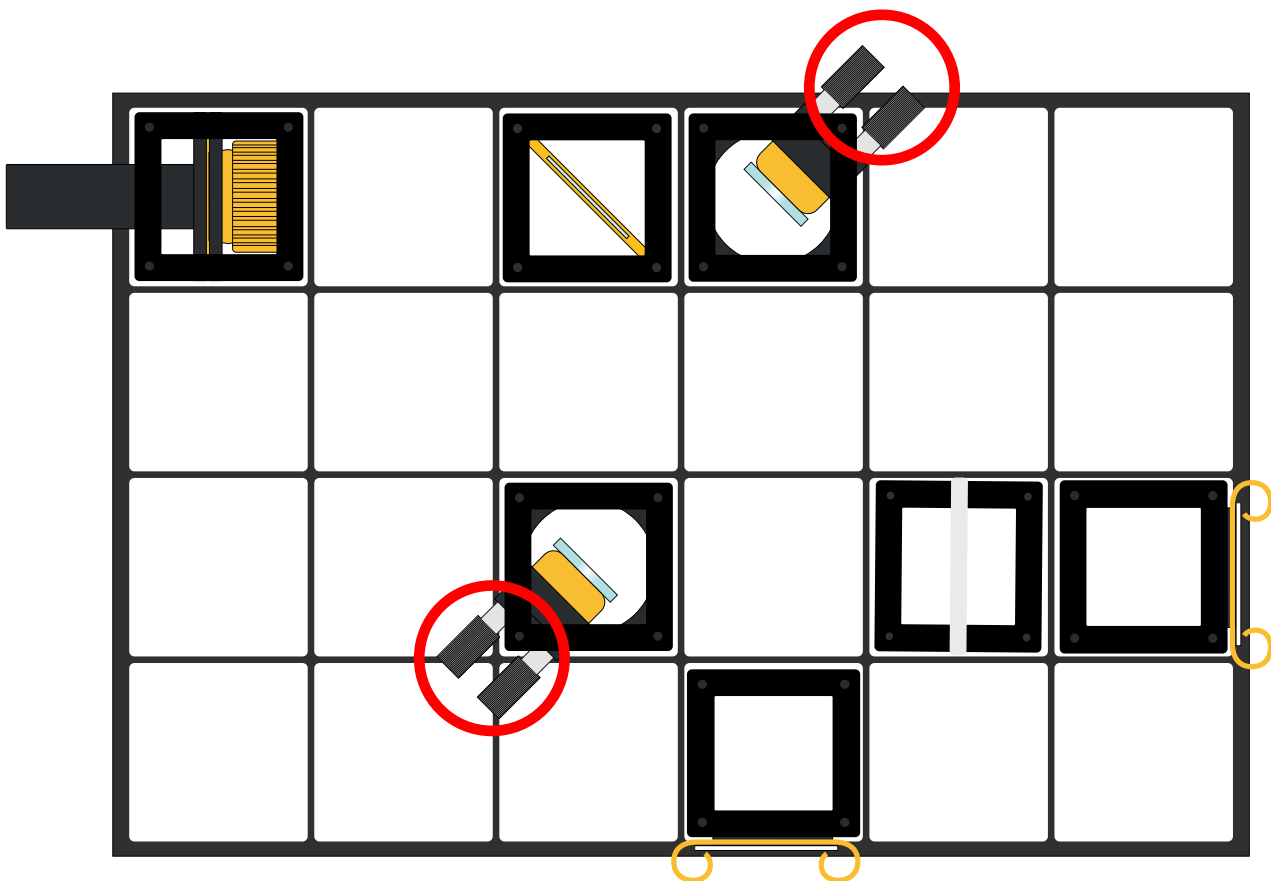
3

Ergänze einen Strahlteiler und einen zweiten Spiegel wie auf der Abbildung gezeigt und justiere wieder so, dass der Laserstrahl mittig durch die Lochblende auf den Projektionsschirm trifft.



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

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



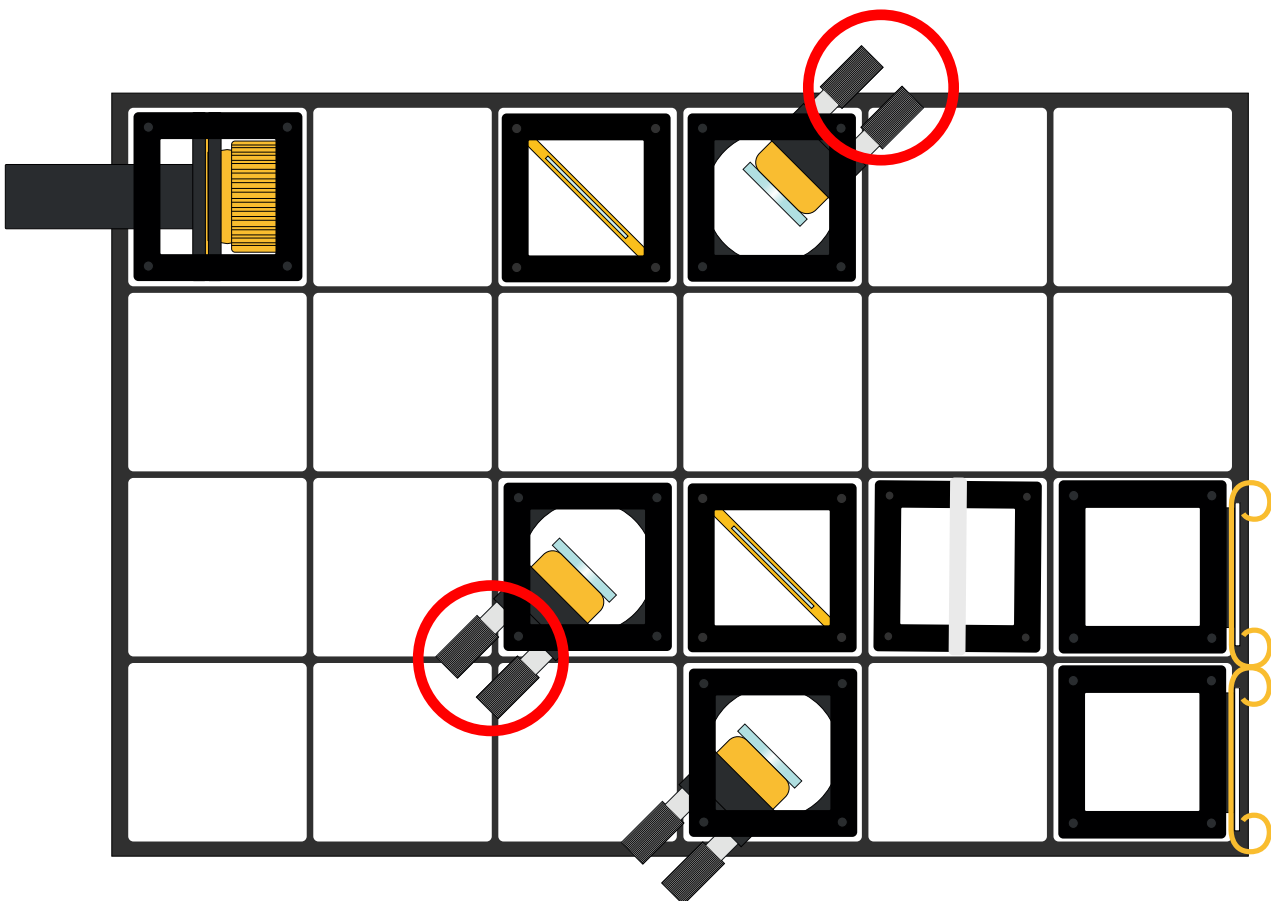
4

Ergänze den zweiten Strahlteiler. Ein weiterer Spiegel kann außerdem verwendet werden, damit nachher beide Interferenzmuster nebeneinander liegen. Beide Teilstrahlen sollten die Lochblende jetzt etwa an derselben Stelle treffen. Justiere nur die markierten Spiegel nach.



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

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



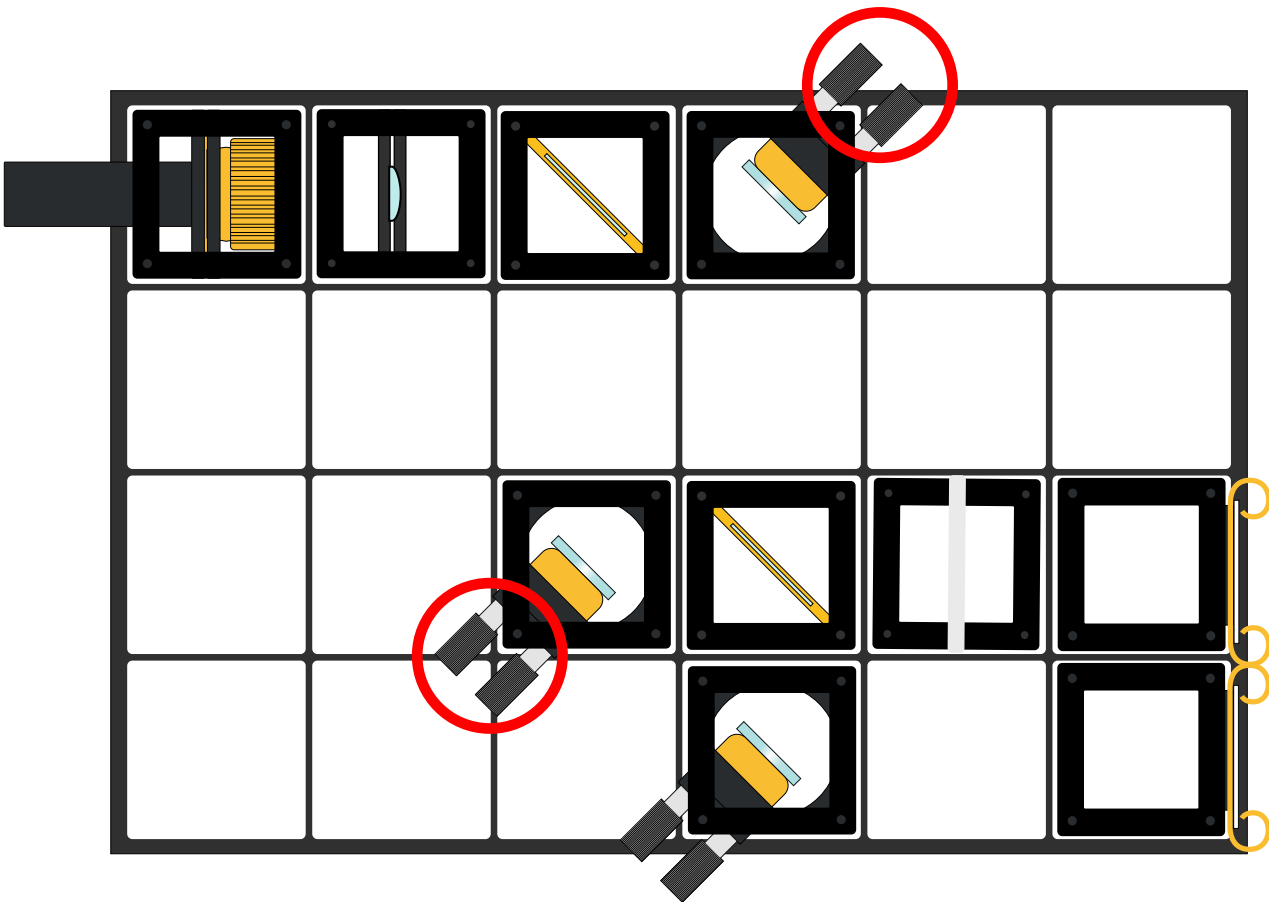
5

Ergänze eine Linse und drehe die Lochblende um 180° . Justiere die beiden Spiegel jetzt so, dass sich die beiden Lichtpunkte, die durch die Lochblende auf den Schirm treffen, genau überlappen.



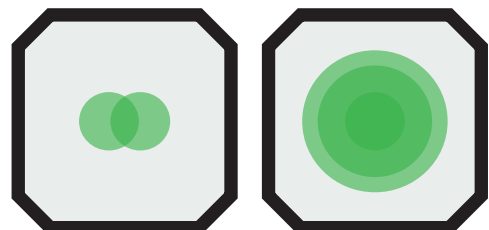
Schaltet den Laser nur zur Justage ein und danach wieder aus!

Achtet darauf nicht direkt in den Laserstrahl zu blicken.



Interferenzmuster

Die Kreise sollen übereinander gelegt werden.
Es sollte ein Interferenzmuster entstehen



Anwendung des Mach-Zehnder-Interferometer

Wie auch die beiden anderen Interferometer kann das Mach-Zehnder-Interferometer als Sensor eingesetzt werden. Dabei wird jede Teilstrecke im Interferometer vom Licht nur einmal zurückgelegt und nicht wie beim Michelson-Interferometer erst in die eine Richtung und dann in die andere Richtung oder wie beim Sagnac-Interferometer sogar von beiden Teilstrahlen in unterschiedliche Richtungen. Dadurch ist es vergleichsweise einfach zu messen, wie verschiedene Dinge den Lichtweg beeinflussen.

Zusätzlich zu den verschiedenen Anwendungen als Messgerät hat das Mach-Zehnder-Interferometer aber auch wichtige Anwendungen im Bereich der Quantenphysik. So können beispielsweise einzelne Schaltkreise von Quantencomputern auf Basis von Mach-Zehnder-Interferometern realisiert werden. Außerdem ist der Quantenradierer ein sehr zentrales Experiment der Quantenphysik, das auf dem Mach-Zehnder-Interferometer basiert.

Gefördert durch:

