

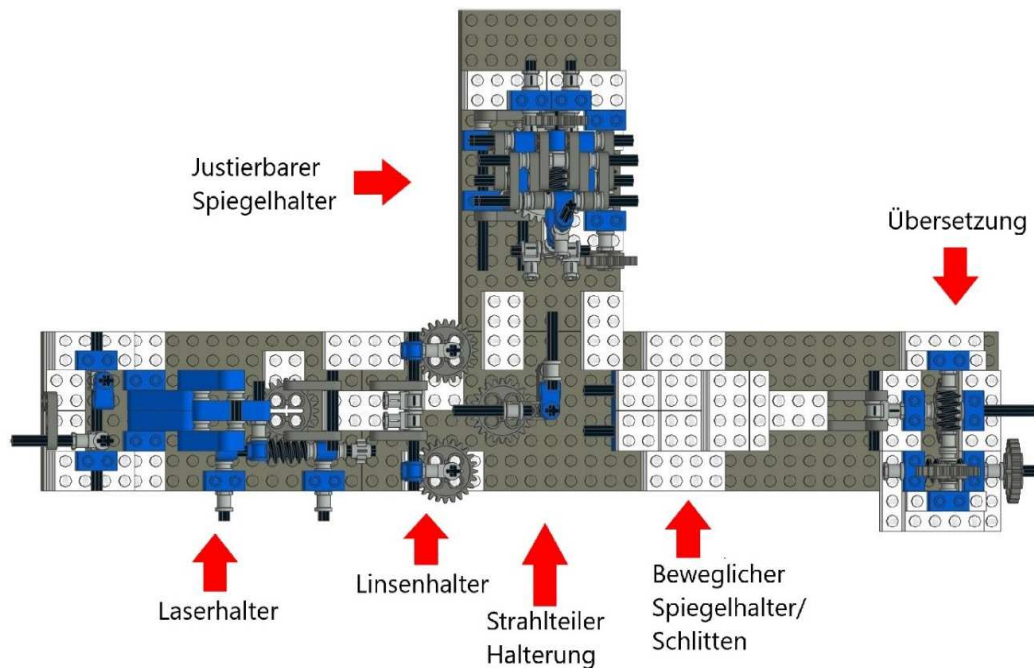


Abbildung 1: Das Interferometer aus LEGO-Steinen.

## EINLEITUNG

Das Interferometer aus LEGO-Steinen ist für den didaktischen Kontext entwickelt worden. Alle Teile können mit Schülerinnen und Schülern anhand der LEGO-Bauanleitungen in kurzer Zeit (ca. 15 Minuten pro Komponente) zusammengesetzt werden.

In der folgenden Anleitung wird beschrieben, wie die **optischen Bestandteile** in den LEGO-Aufbau eingesetzt werden. Außerdem wird erläutert, wie das Interferometer justiert werden kann.

## VORBEREITUNG

- Funktionsweise Michelson-Interferometer.
- Formelzusammenhang zwischen der Wellenlänge des Lichtes und Verschiebung des Spiegels (s. Ende der Anleitung).

## MATERIAL

- LEGO-Bausteine *oder* fertig montierte Komponenten
- Hama Laserpointer LP18
- Vorderflächenspiegel 30mm x 20mm, 2 Stück
- Teildurchlässiger Vorderflächenspiegel
- Glaslinse, Durchmesser  $d=18\text{mm}$ ,  $f=26,5\text{mm}$
- Sechskantschraube M5 x 40mm
- Gummibänder

## WICHTIGER HINWEIS

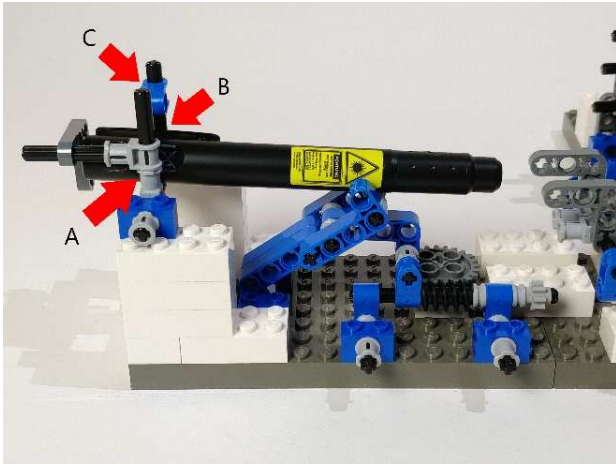
Machen Sie sich vor dem Einsetzen bewusst, dass Sie mit sehr empfindlichen optischen Komponenten arbeiten. Die Qualität der Ergebnisse leidet unter Fingerabdrücken auf Linsen oder Spiegeln erheblich. Für den Versuch werden Vorderflächenspiegel verwendet ( $\rightarrow$  warum?). Diese sind beschichtet und die Beschichtung soll nach Möglichkeit nicht berührt werden. Auch ein Säubern dieser Komponenten kann nicht herkömmlich durch Tücher etc. durchgeführt werden ( $\rightarrow$  warum?).

## 0. ZUSAMMENBAU

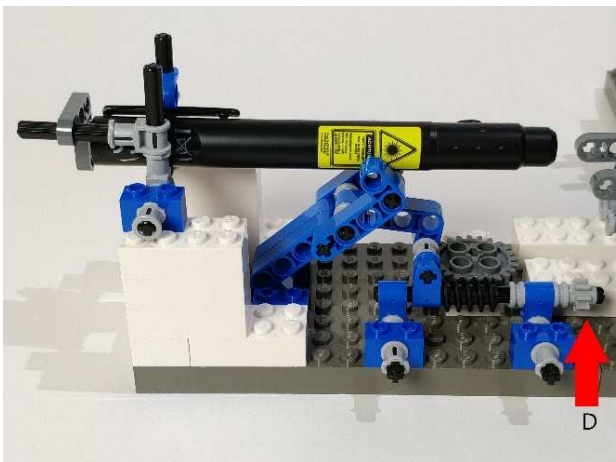
Bauen Sie die Komponenten des LEGO-Interferometers anhand der Anleitungen 1-4 zusammen. **Falls die Komponenten schon aufgebaut sind, verbinden Sie diese, wie in Abbildung 1 zu sehen, und befolgen Sie anschließend die Anleitung zum Einsetzen der optischen Bestandteile.**

## 1. EINSETZEN DES LASERS

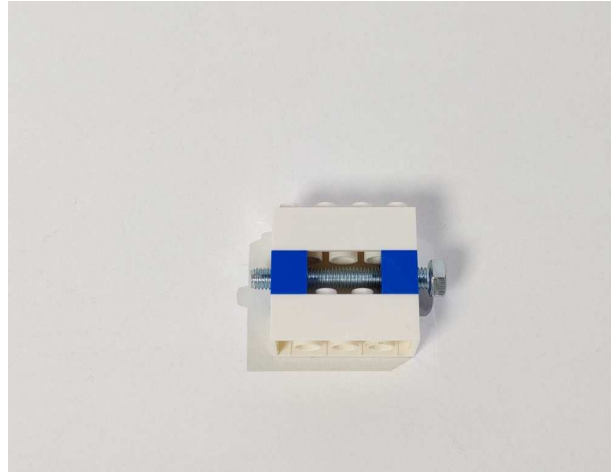
Legen Sie den Laserpointer wie abgebildet auf die vorgesehene Halterung und fixieren Sie ihn am hinteren Ende mit den beweglichen Riegeln A, B und C.



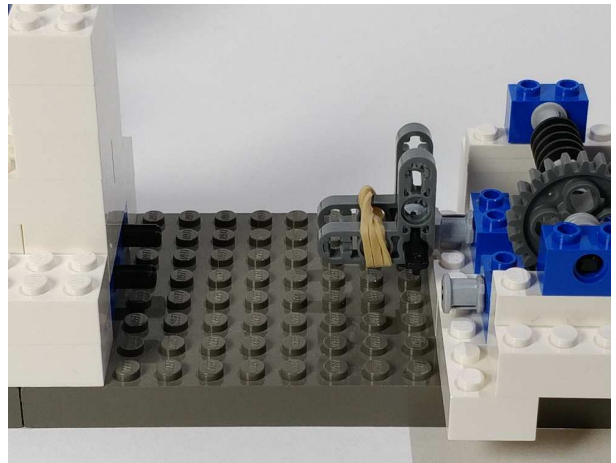
Stellen Sie die Halterung mit Hilfe von Zahnrad D so ein, dass der Laserpointer etwa waagrecht ausgerichtet ist.



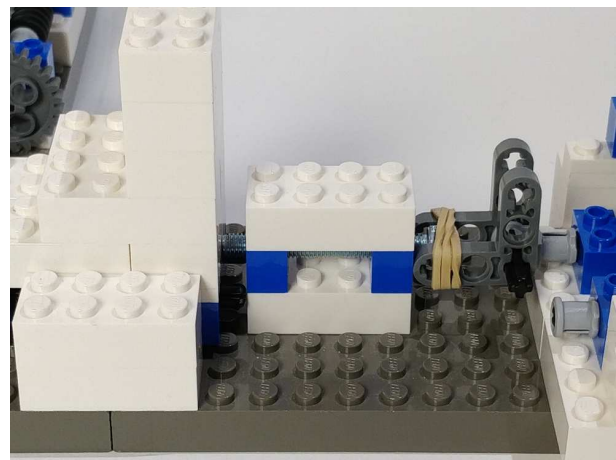
Drehen Sie die M5 Schraube in die Löcher der blauen Steine.



Legen Sie ein Gummiband mehrfach um die beiden Winkel, um der Schraube später genügend Halt zu geben.

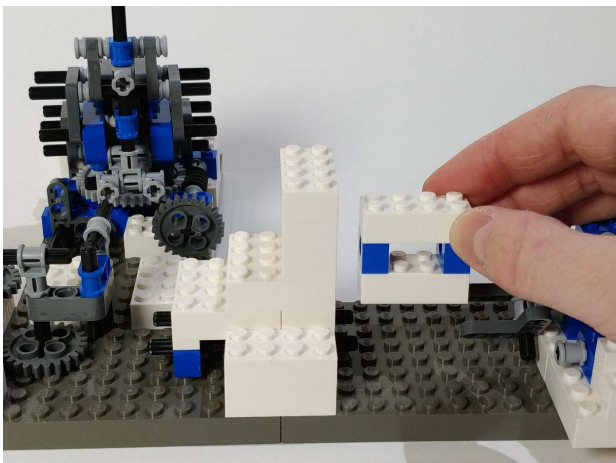


Setzen Sie die Steine mit der Schraube wieder auf ihre vorherige Position. Dabei wird der Kopf der Schraube zwischen die beiden Winkel geklemmt.

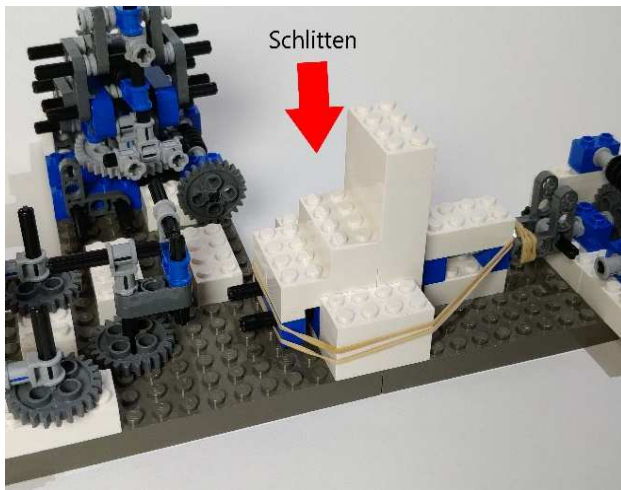


## 2. EINSETZEN DER SCHRAUBE

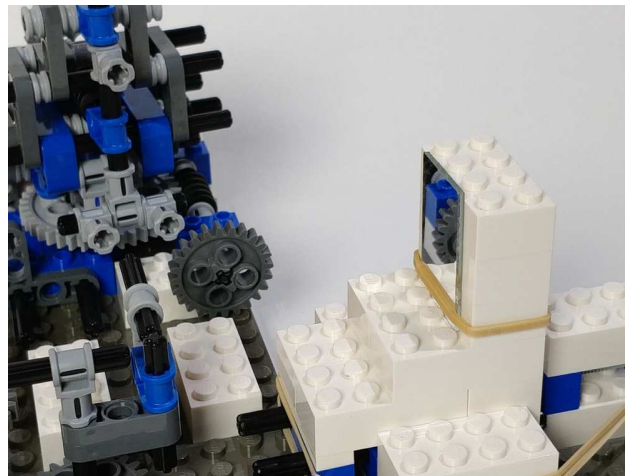
Entfernen Sie die abgebildeten Steine.



Legen Sie ein bis zwei Gummibänder so um den Schlitten und die Halterung der Schraube, dass der bewegliche Schlitten gegen die Schraube gedrückt wird.

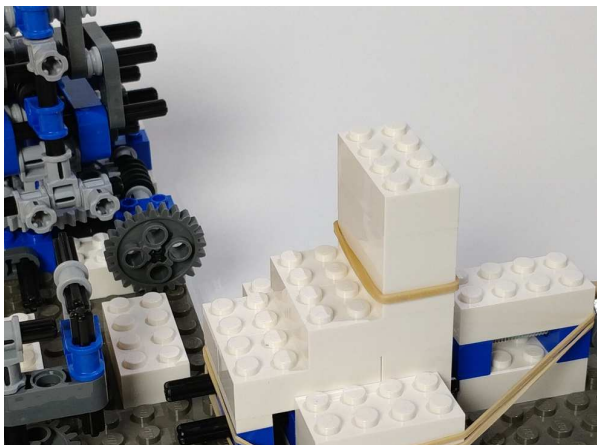


Schieben Sie den Spiegel von oben hinter das Gummiband. Dabei zeigt die Rückseite zur Lego-Stütze.

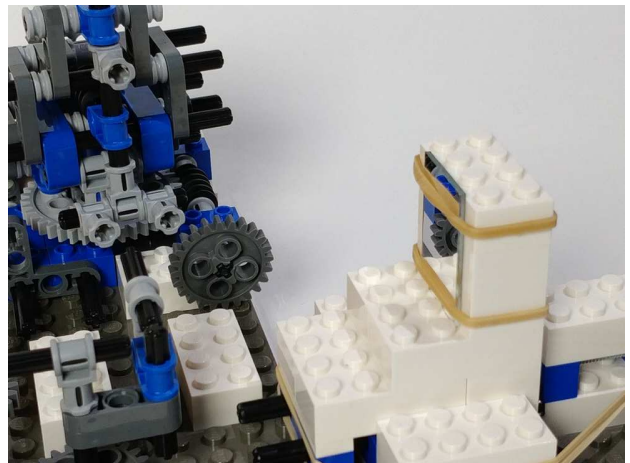


### 3. EINSETZEN DES VERSCHIEBBAREN SPIEGELS

Legen Sie ein Gummiband um die Lego-Steine, an denen der Spiegel befestigt werden soll. Schieben sie das Gummiband fast vollständig nach unten.

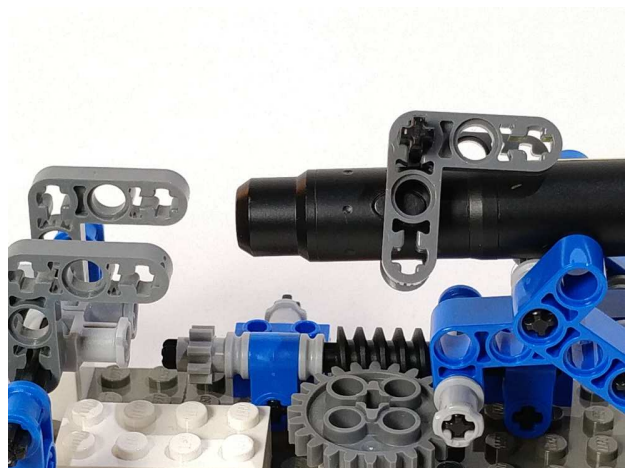


Legen Sie ein zweites Gummiband um das obere Ende des Spiegels.

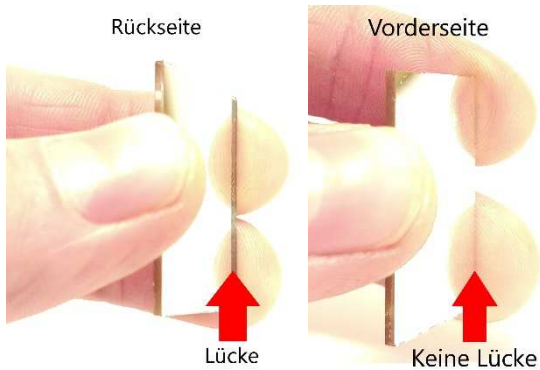


### 4. JUSTIEREN DES LASERS

Schalten Sie den Laserpointer ein. Setzen sie dazu die Klemme auf den Knopf.

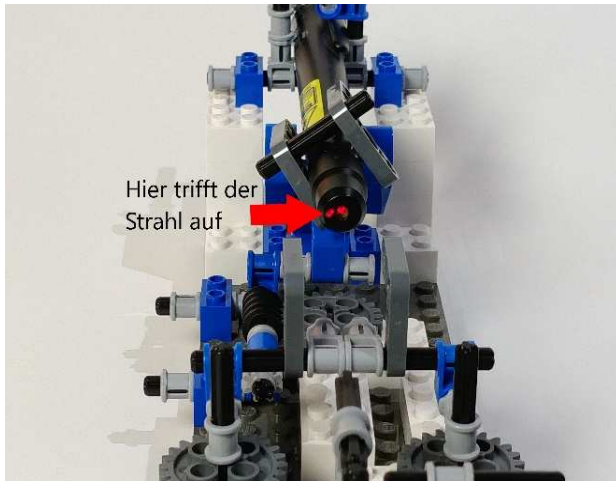


Bestimmen Sie die Vorderseite und die Rückseite eines der Vorderflächenspiegel. Fassen sie den Spiegel dabei wie auf dem Bild zu sehen an.





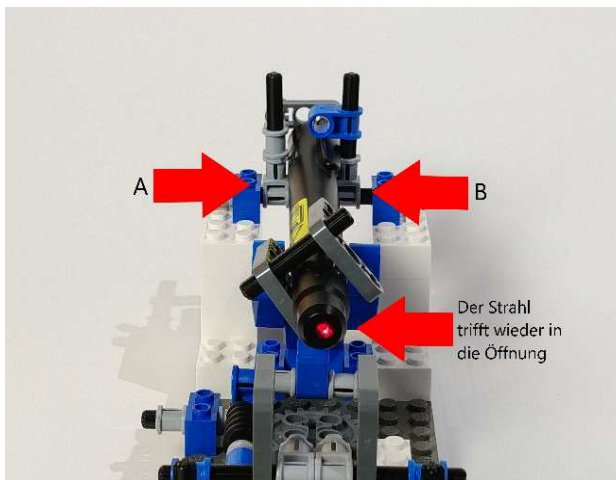
Verstellen Sie die Halterung des Laserpointers mit Hilfe des Zahnrads D (s.o.) so, dass der vom Spiegel reflektierte Strahl den Laserpointer wieder auf Höhe der Austrittsöffnung trifft.



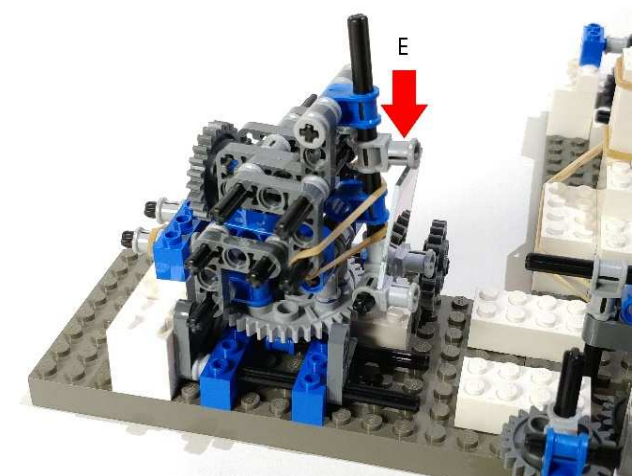
Legen Sie ein Gummiband so vor dem beweglichen Arm her, dass dieser gegen die Lego-Schnecke gedrückt wird.



Korrigieren Sie den Laserpointer seitlich mit Hilfe der beweglichen Teile A und B, so dass der Laserstrahl wieder genau auf die Austrittsöffnung trifft. **Schalten sie den Laserpointer anschließend wieder aus.**

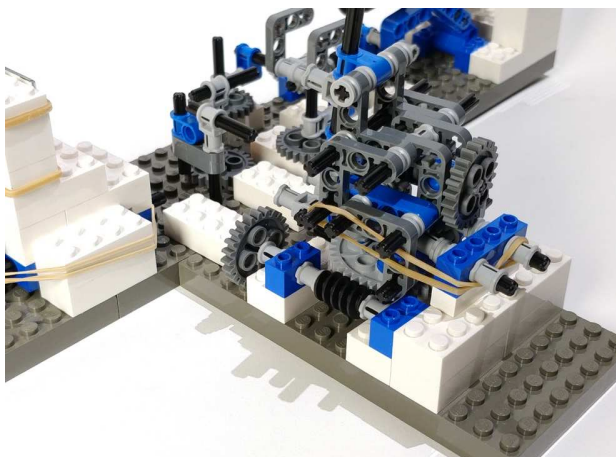


Bestimmen Sie die Vorderseite des übrigen Vorderflächenspiegels (s.o.). Halten Sie den Vorderflächenspiegel an die vorgesehene Stelle und klemmen Sie ihn mit Hilfe des T-Verbinders (E) fest. In diesem Schritt ist besonders wichtig, dass der Spiegel genau wie auf dem Bild zu sehen ist eingesetzt wird.

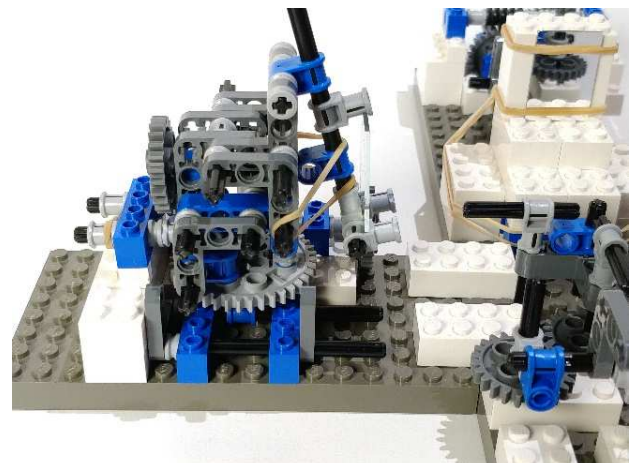


## 5. EINSETZEN DES JUSTIERBAREN SPIEGELS

Sichern Sie den Spiegelhalter mit einem Gummiband gegen Spiel in der seitlichen Drehbewegung.

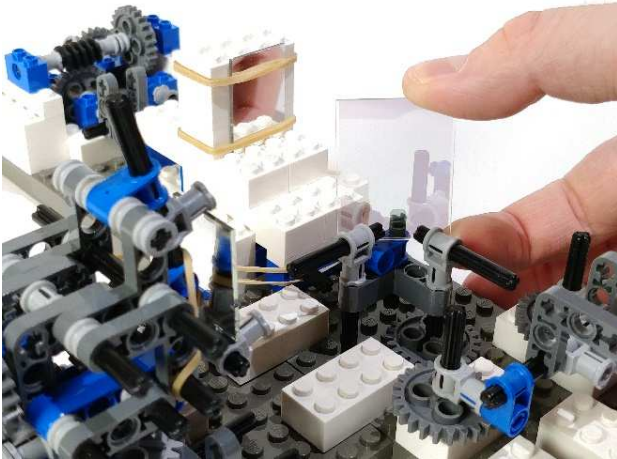


Stellen Sie den Spiegelhalter mit Hilfe der beiden Zahnräder so ein, dass der Spiegel senkrecht zur Bodenplatte und parallel zum Noppenmuster festgehalten wird.

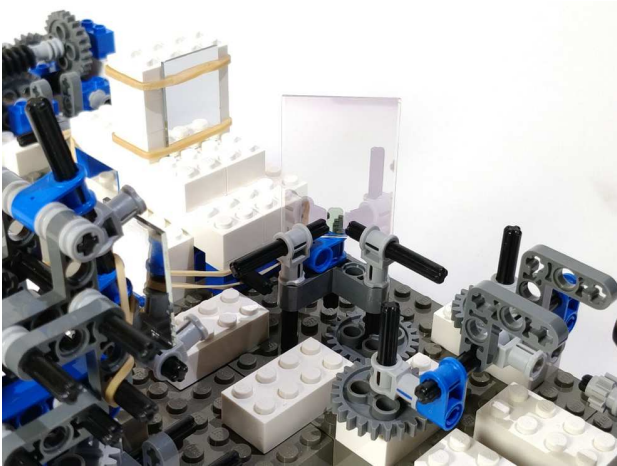


## 6. EINSETZEN DES STRAHLTEILERS

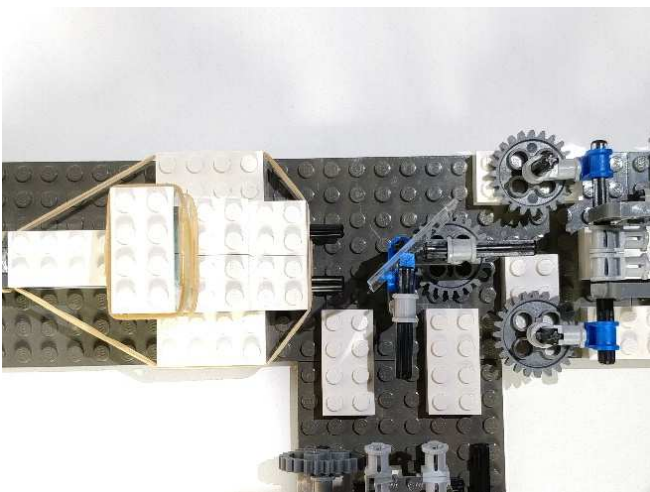
Halten Sie den Strahlteiler an die vorgesehene Stelle.



Klemmen Sie den Strahlteiler fest, indem Sie die beiden Stangen durch die T-Verbinder gegen den Strahlteiler schieben.

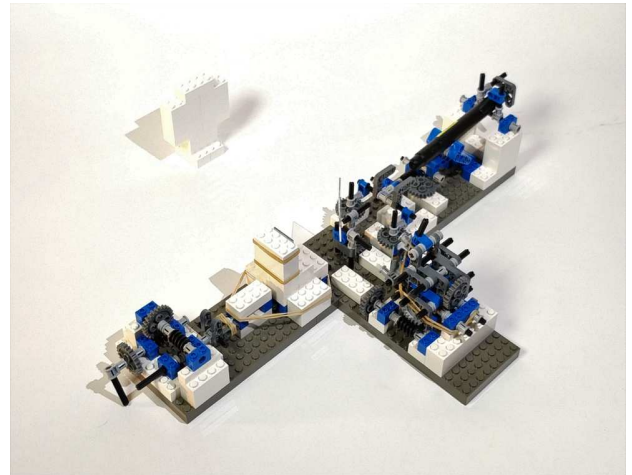


Richten Sie den Strahlteiler durch vorsichtiges Drücken und Ziehen der beiden Stangen so aus, dass er etwa im  $45^\circ$  Winkel zum Noppenmuster steht.

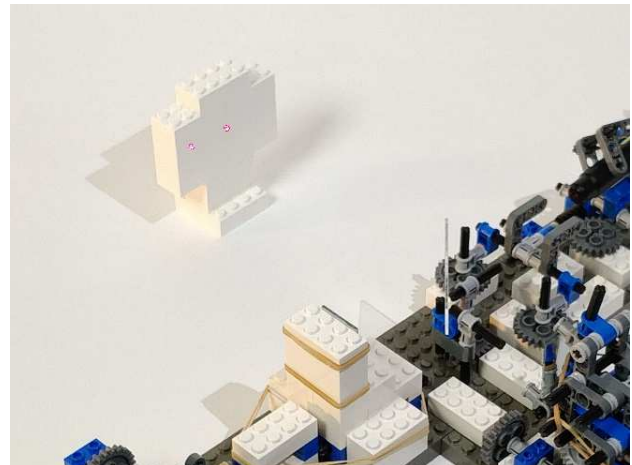


## 7. JUSTIEREN DES JUSTIERBAREN SPIEGELS

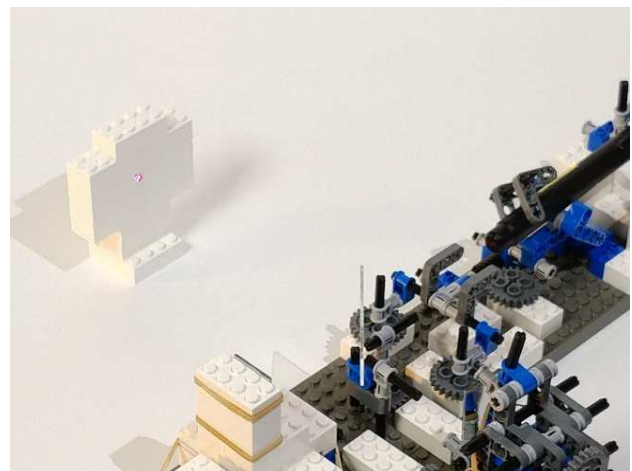
Stellen Sie den Schirm an die vorgesehene Stelle.



Schalten Sie den Laserpointer ein. Auf dem Schirm sollten jetzt zwei Punkte zu sehen sein.



Stellen Sie den justierbaren Spiegelhalter so ein, dass die beiden Punkte übereinander liegen.

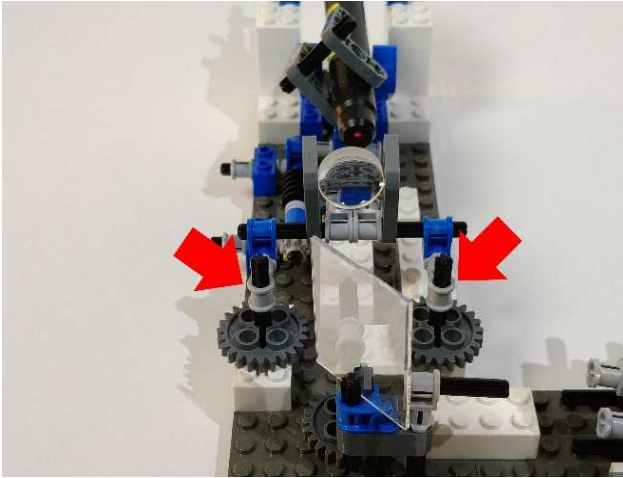


Stellen Sie den Schirm weiter vom Aufbau weg und korrigieren Sie nach, falls jetzt wieder zwei Punkte zu sehen sind.



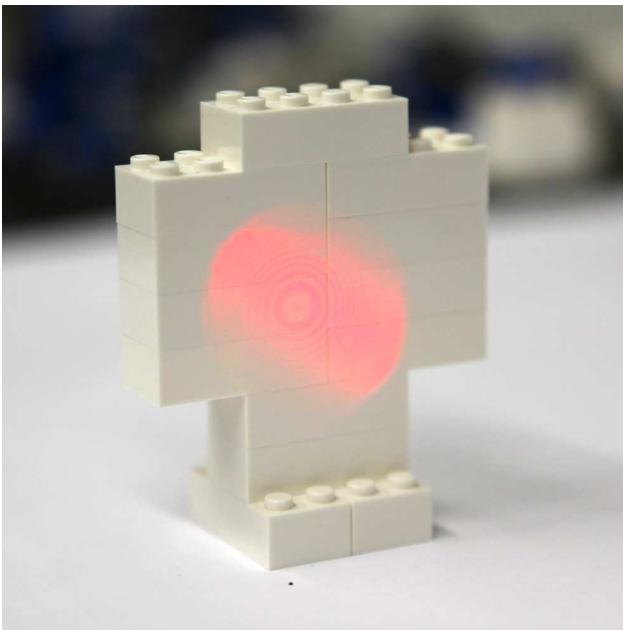
## 8. EINSETZEN DER LINSE

Halten Sie die Linse an den vorgesehenen Platz und klemmen Sie sie von beiden Seiten fest. Justieren Sie die Halterung so, dass die Linse mittig vom Strahl getroffen wird. An den beiden markierten Stellen kann die Höhe verstellt werden.



## FEINJUSTAGE

Auf dem Schirm sollte jetzt ein Interferenzmuster zu sehen sein. Sie können den Ort des Interferenzmittelpunkts durch vorsichtiges Verstellen des justierbaren Spiegelhalters und der Linse nachkorrigieren.



## TIPPS UND SCHWIERIGKEITEN

1. Wenn beide Vorderflächenspiegel genau gleich weit vom Strahlenteiler entfernt sind, sind die Kreise des Interferenzmusters sehr weit voneinander entfernt. In diesem Fall sind normalerweise keine Interferenzmuster zu erkennen. Es kann helfen, das LEGO-Segment mit Schraube zu entfernen und die Schraube um ein bis zwei Umdrehungen einzuschrauben.
2. Das Interferometer ist sehr anfällig für Erschütterungen. Vermeiden Sie diese durch einen möglichst stabilen Untergrund. Es kann hilfreich sein, das Interferometer mit Hilfe einer Schraubzwinge am Tisch zu befestigen.
3. Oft wird das Interferenzmuster schon stabiler, wenn die LEGO-Steine vor Betrieb fest zusammengedrückt werden. Dies ist vor allem an den Verbindungspunkten zwischen den Bodenplatten hilfreich.

## BERECHNUNG DER WELLENLÄNGE

Zur Bestimmung der Wellenlänge wird das Zahnrad bzw. der Hebel am Ende der Übersetzung gedreht und dabei wird gezählt, um wie viele Ringe das Interferenzmuster wandert. Aus dem Verhältnis von Ringen und Umdrehungen lässt sich mit Hilfe des Übersetzungsverhältnisses von Zahnrädern und Schnecke die Wellenlänge des Lasers berechnen.

Die Übersetzung ist so konstruiert, dass eine vollständige Umdrehung des Hebels am Ende in  $\frac{1}{576}$  einer Umdrehung der Schraube resultieren. Die Schraube hat eine Gewindesteigung von 0,8mm. Bei einer Umdrehung wird der Schlitten also um  $\frac{1}{576} \cdot 0,8 \text{ mm} \approx 1,4 \mu\text{m}$  bewegt.

Insgesamt kann dann die Wellenlänge  $\lambda$  durch

$$\lambda = \frac{2 \cdot \Delta s}{N} = \frac{2 \cdot \frac{U}{576} \cdot 0,8 \text{ mm}}{N}$$

berechnet werden. Dabei ist  $\Delta s$  die Strecke um die der Schlitten verschoben wird,  $N$  die Anzahl der Ringdurchläufe und  $U$  die Anzahl der Umdrehungen des Hebels.