

# Montage der Optikwürfel

## Michelson Interferometer

Der folgende Low-Cost Aufbau bietet die Möglichkeit einfach und günstig ein Michelson Interferometer selbst zusammenzubauen, das sich gut als Schülerexperiment in den Unterricht integrieren lässt.

Nachfolgend sind zuerst alle benötigten Bauteile aufgelistet. Teilweise werden diese selbst mit dem 3D-Drucker hergestellt. Der Rest wird dazugekauft. Die Materialkosten liegen bei etwa 90€. Für den Zusammenbau müssen 1 – 2 Stunden eingeplant werden.

Der Piezowürfel bietet die Möglichkeit außerdem Messungen durchzuführen. Dazu wird ausgenutzt, dass das Piezoelement sich verformt, wenn eine Spannung angelegt wird.

Weitere Informationen und Materialien sind unter [www.o3q.de](http://www.o3q.de) zu finden.

### Materialien:

Die folgenden .STL-Dateien müssen für ein Michelson Interferometer gedruckt werden:

Bauteil	Farbe	Anzahl
00A_Sw_V1_Grundplatte 4x6		1
01A_Go_V1_Würfelboden 1x1		5 (6)*
02A_Br_V1_Würfeldeckel 1x1		5 (6)
10A_Si_V1_Einsatz 90°		3 (4)
11A_Si_V1_Laserplatte		1
11A_Si_V1_Laser_Zugentlastung		1
11C_Si_V1_Spiegelplatte		2
11D_Si_V1_Spiegelplatte_Piezo.stl		0 (1)
12A_Si_V1_Strahlteiler_Oben		1
12A_Si_V1_Strahlteiler_Klemme		1
12A_Si_V1_Strahlteiler_Unten		1
13B_Si_V1_Linsenhalter_f=15mm		1
Alternativ: 13B_Si_V1_Linsenhalter_f=26,5mm		0
04A_We_V1_Schirm		1
03A_Ro_V1_Stellschraube_Kopf		6 (8)

\*Die Werte in den Klammern geben an, wie viele Teile gedruckt werden müssen, wenn auch der Spiegel-Piezo-Baustein gebaut werden soll.

Wir schlagen dazu das folgende Filament vor:

Farbe	1,75 mm	2,85 mm
	<a href="#">Schwarz 1 75</a>	<a href="#">Schwarz 2 85</a>
	<a href="#">Gold 1 75</a>	<a href="#">Gold 2 85</a>
	<a href="#">Bronze 1 75</a>	<a href="#">Bronze 2 85</a>
	<a href="#">Silber 1 75</a>	<a href="#">Silber 2 85</a>
	<a href="#">Weiß 1 75</a>	<a href="#">Weiß 2 85</a>
	<a href="#">Rot 1 75</a>	<a href="#">Rot 2 85</a>

Zusätzlich werden folgende Bauteile benötigt:

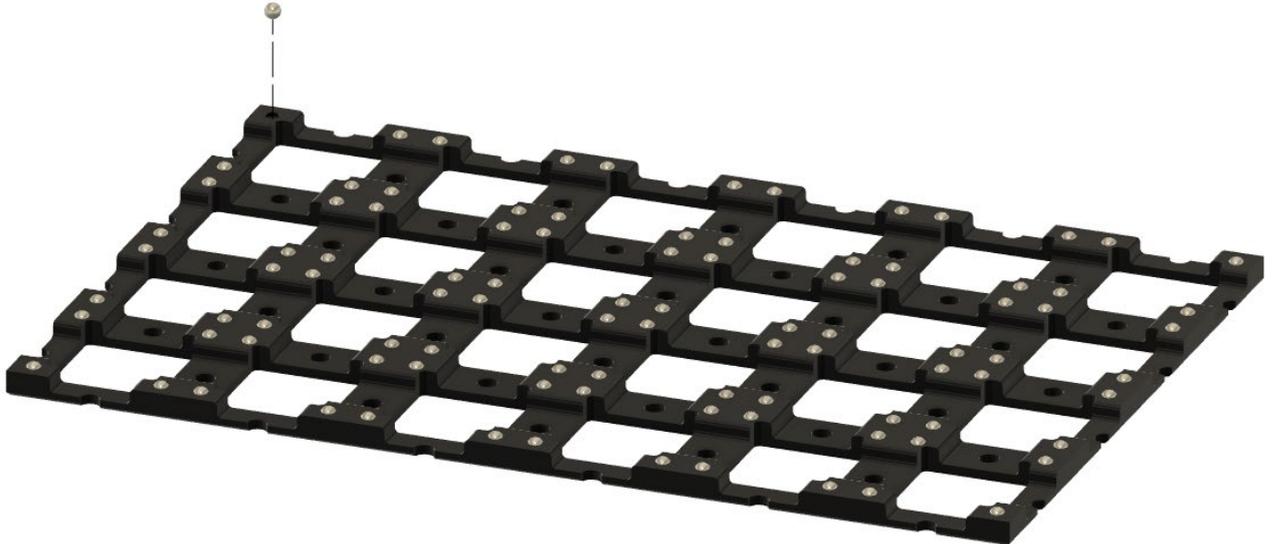
Bauteil	Anzahl	Link
<b>Magnete</b>		
Magnetkugel 5mm	108 (112)*	<a href="#">5mm-Magnetkugeln</a>
<b>Schrauben &amp; Muttern</b>		
Mutter M3	16 (19)	<a href="#">M3-Muttern</a>
Schraube Inbus M3x12	25 (30)	<a href="#">M3x12 Inbusschrauben</a>
Selbstsichernde Mutter M3	6 (8)	<a href="#">M3-selbstsichernde Muttern</a>
Schraube Außensechskant M3x40	6 (8)	<a href="#">M3x40-Sechskantschrauben</a>
<b>Optische Elemente</b>		
Linse, f +15mm, Ø 16,5 mm	1	<a href="#">Linse 15mm</a>
Alternativlinse: f +26,5 mm, Ø 15 mm	0	<a href="#">Lines 26,5mm</a>
Teildurchlässiger	1	<a href="#">Strahlteiler</a>
Vorderflächenspiegel		
Vorderflächenspiegel 22 mm x 22 mm	2 (3)	<a href="#">Vorderflaechenspiegel</a>
<b>Elektrische Komponenten</b>		
Laserdiode	1	<a href="#">Laserdiode 5V</a>
USB-Kabel mit Schalter	1	<a href="#">USB-Kabel</a>
Piezoelement	0 (1)	<a href="#">Piezoelement</a>
Büschelstecker	0 (2)	<a href="#">Bueschelstecker</a>
<b>Sonstiges</b>		
Klebepads	2	<a href="#">3M VHB Klebepads</a>
Sekundenkleber		
Lot zum Lötten		
Heißkleber		

\*Die Werte in den Klammern geben an, wie viele Teile gekauft werden müssen, wenn auch der Spiegel-Piezo-Baustein gebaut werden soll.

## (1) Grundplatte

### Einzelteile

- Magnetkugel 5mm - 96 St.
- 00A\_Sw\_V1\_Grundplatte 4x6

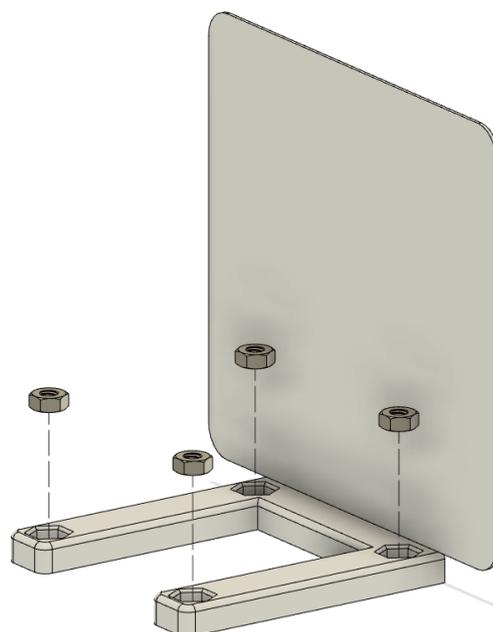


Die Grundplatte ist in verschiedenen Größen verfügbar. Die 4x6 Grundplatte reicht für die meisten Experimente aus. Teilweise haben die Schirme keinen Platz auf der Grundplatte. Dies hat aber keinen negativen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse. Allerdings sind die meisten Drucker zu klein für die 4x6 Platte. Für das Michelson Interferometer reicht die 4x4-Platte aus. Für größere Experimente können zwei 4x4 Platten z.B. auf ein Brett geschraubt oder geklebt werden.

## (2) Schirm

### Einzelteile (von oben nach unten, links nach rechts)

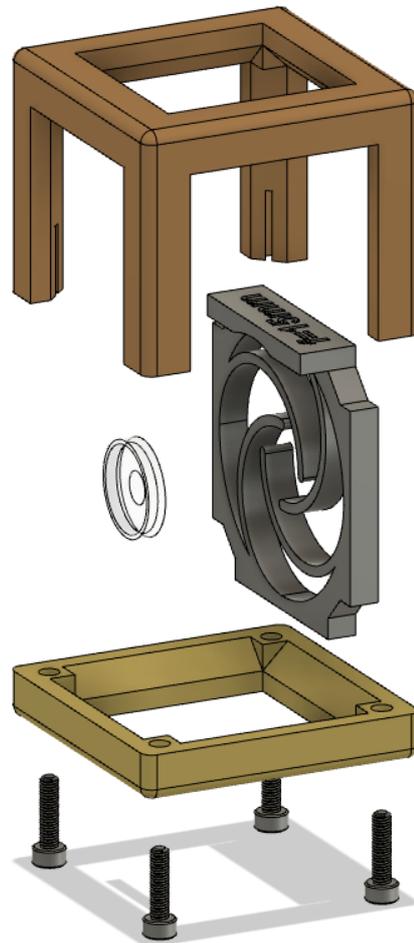
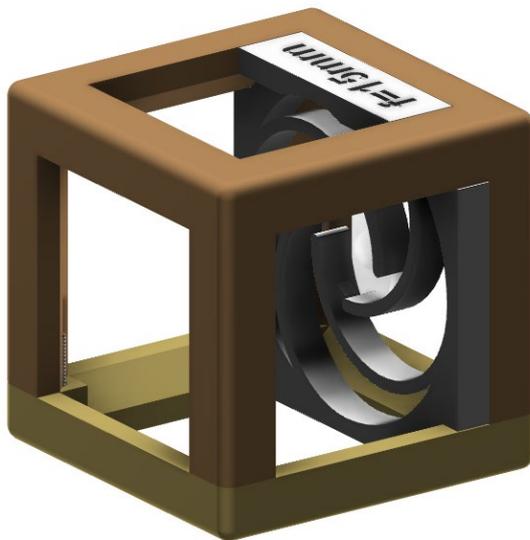
- 04A\_We\_V1\_Schirm.stl
- Mutter M3 - 4 St.



### (3) Linsenhalter

Einzelteile (von oben nach unten, links nach rechts)

- 002A\_Br\_V1\_Würfeldeckel 1x1.stl
- Linse,  $f +15\text{mm}$ ,  $\varnothing 16,5\text{ mm}$
- 13B\_Si\_V1\_Linsenhalter\_f=15mm.stl
- 01A\_Go\_V1\_Würfelboden 1x1.stl
- Schraube Inbus M3x12 - 4 St.



Die Linse mit 15 mm Brennweite ist aus Acrylglas. Deshalb ist die Oberflächengüte eher schlecht und es gibt viele Abbildungsfehler, die sich als Flecken im Interferenzbild abzeichnen. Alternativ kann eine etwas hochwertigere Linse aus Glas mit  $f=26,5\text{mm}$  verwendet werden. Mit der Linse ergeben sich weniger Abbildungsfehler, die Brennweite ist aber etwas schlechter geeignet, weshalb weniger Ringe im Interferenzmuster dargestellt werden können.

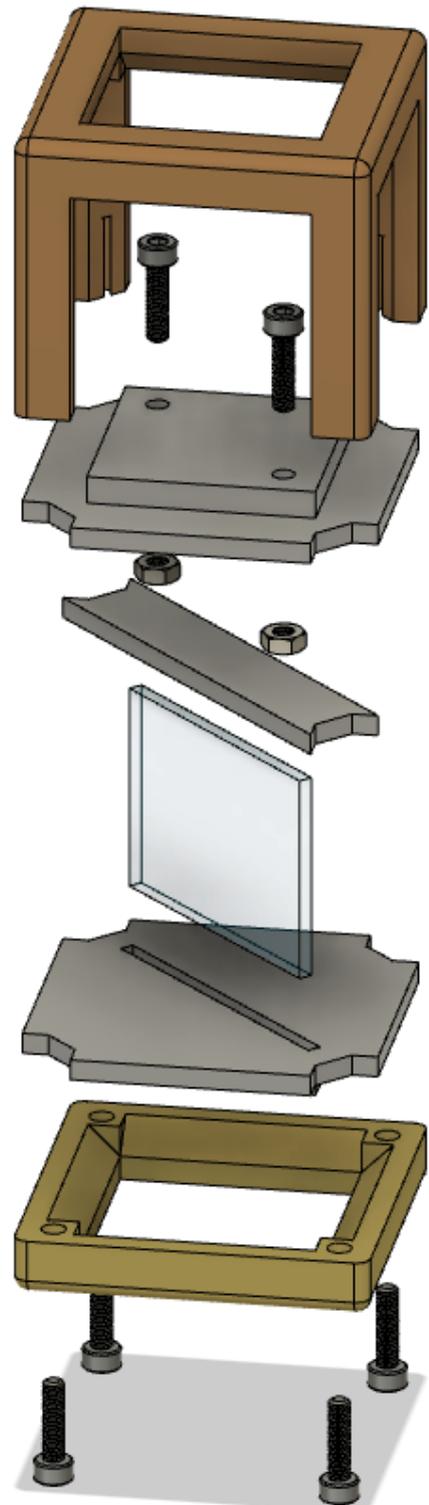
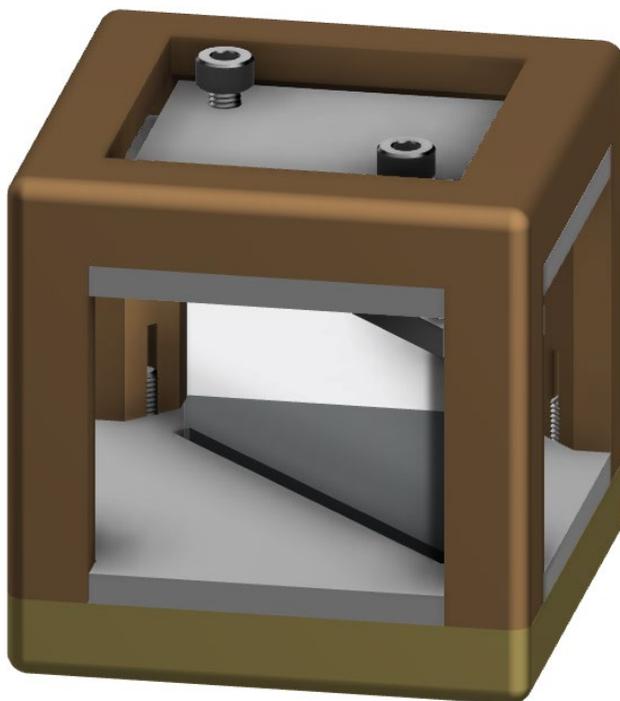
## (4) Strahlteiler

### Einzelteile (von oben nach unten)

- 02A\_Br\_V1\_Würfeldeckel 1x1.stl
- Schraube Inbus M3x12 - 2 St.
- 12A\_Si\_V1\_Strahlteiler\_Oben.stl
- Mutter M3 - 2 St. \*
- 12A\_Si\_V2\_Strahlteiler\_Klemme.stl
- Teildurchlässiger Vorderflächenspiegel
- 12A\_Si\_V2\_Strahlteiler\_Unten.stl
- 01A\_Go\_V1\_Würfelboden 1x1.stl
- Schraube Inbus M3x12 - 4 St.

\*Falls die Muttern nicht durch Presspassung halten, mit einem Tropfen Sekundenkleber fixieren.

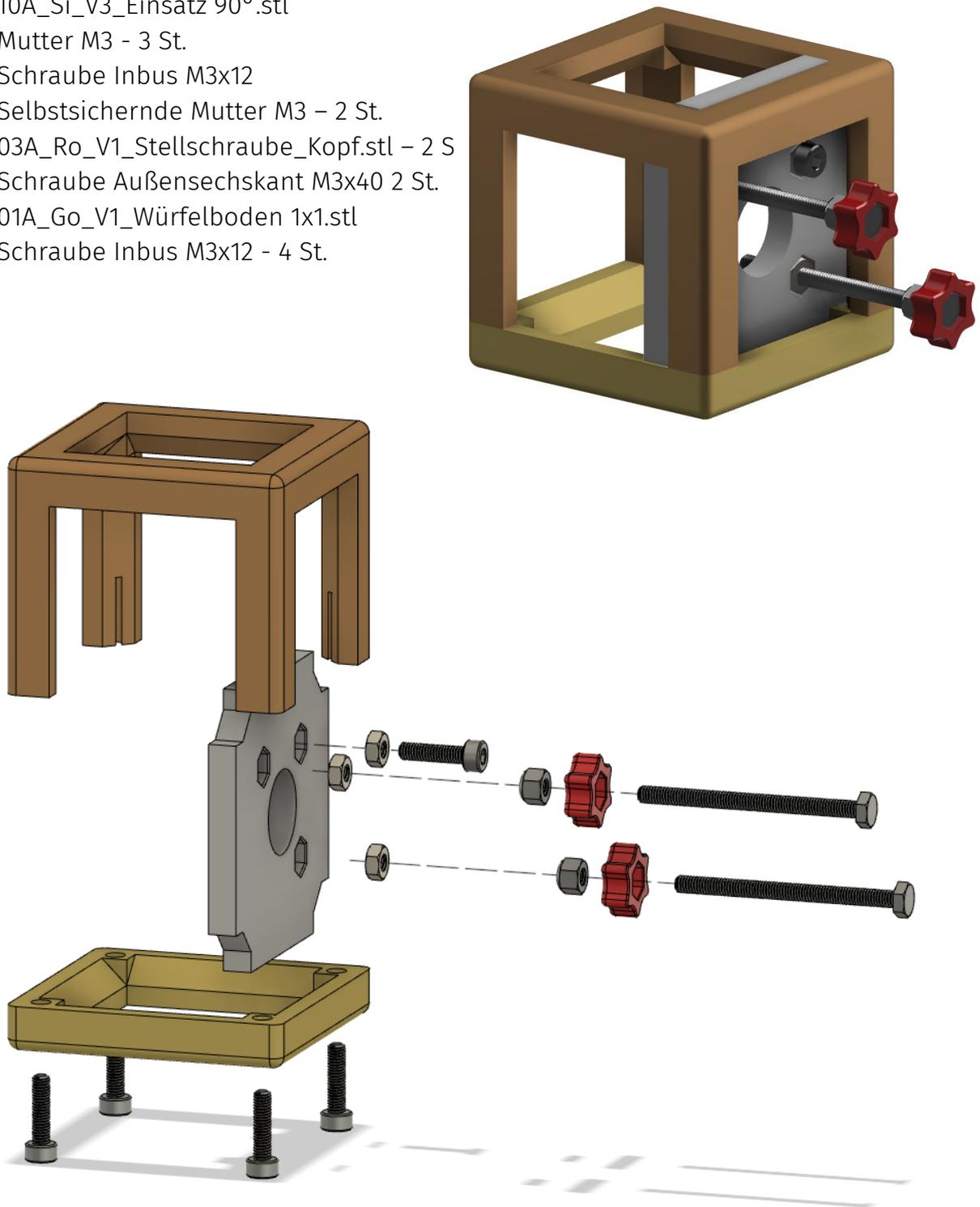
*Achtung: Die Spiegel sind bedampfte Vorderflächenspiegel. Fingerabdrücke auf der Spiegelfläche lassen sich sehr schlecht wieder entfernen.*



## (5) Würfel mit 90°-Einsatz

Einzelteile (von oben nach unten, links nach rechts)

- 02A\_Br\_V1\_Würfeldeckel 1x1.stl
- 10A\_Si\_V3\_Einsatz 90°.stl
- Mutter M3 - 3 St.
- Schraube Inbus M3x12
- Selbstsichernde Mutter M3 - 2 St.
- 03A\_Ro\_V1\_Stellschraube\_Kopf.stl – 2 S
- Schraube Außensechskant M3x40 2 St.
- 01A\_Go\_V1\_Würfelboden 1x1.stl
- Schraube Inbus M3x12 - 4 St.



*In den Würfel mit 90°-Einsatz können verschiedene magnetische Platten eingesetzt und justiert werden. Er wird beispielweise für die Vorderflächenspiegel und die Laserdiode verwendet.*

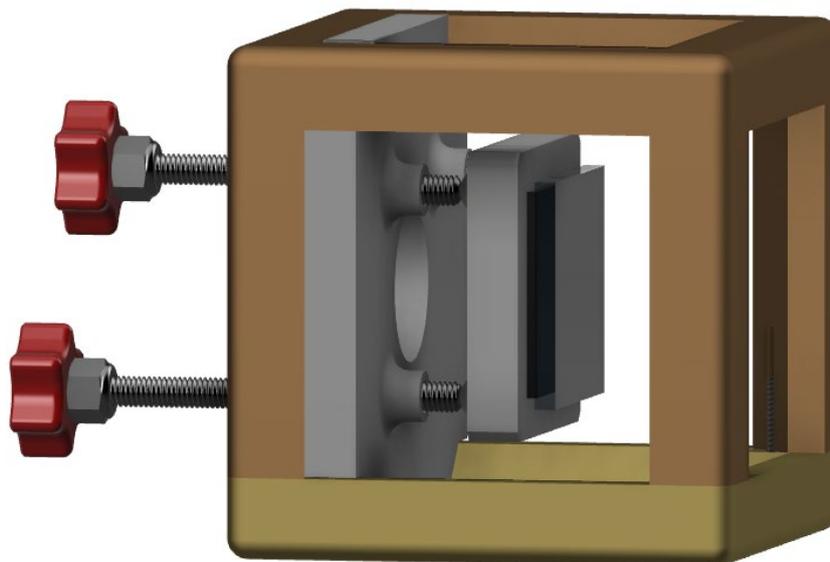
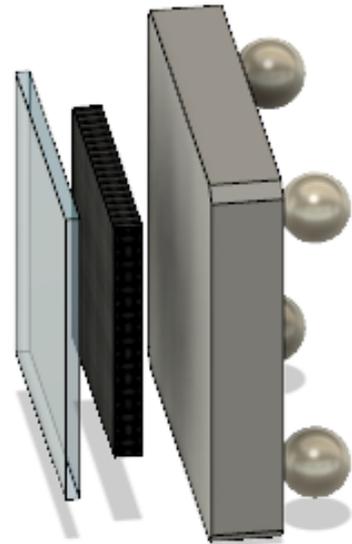
## (6) Spiegelplatte – 2 St.

### Einzelteile (von links nach rechts)

- Vorderflächenspiegel 22 mm x 22 mm
- Klebepad
- 11C\_Si\_V1\_Spiegelplatte.stl
- Magnetkugel 5 mm 4 St.

*Achtung: Die Spiegel sind bedampfte Vorderflächenspiegel. Fingerabdrücke auf der Spiegelfläche lassen sich sehr schlecht wieder entfernen.*

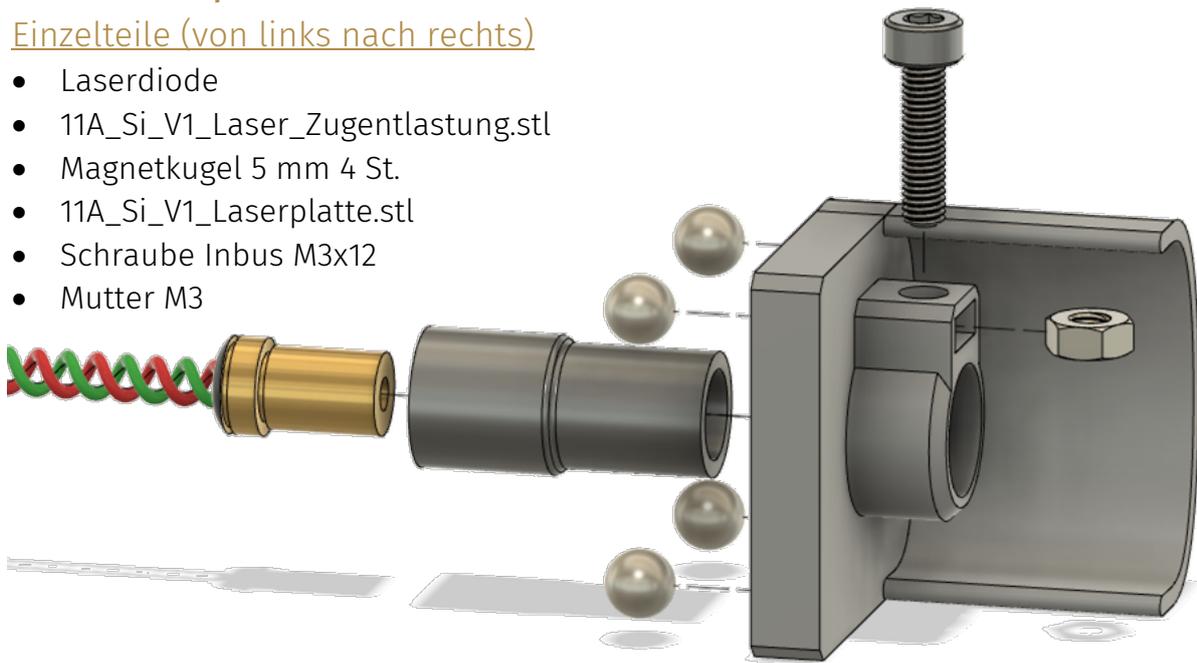
*Die Spiegelplatte lässt sich wie unten dargestellt auf den 90°-Einsatz oder den 45°-Einsatz setzen.*



## (7) Laserplatte

### Einzelteile (von links nach rechts)

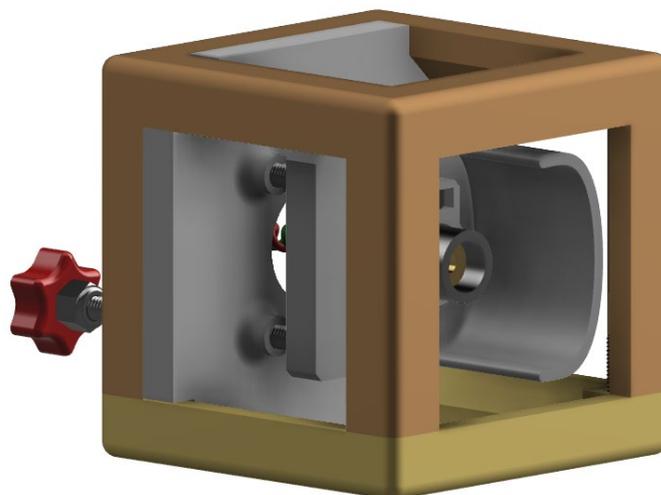
- Laserdiode
- 11A\_Si\_V1\_Laser\_Zugentlastung.stl
- Magnetkugel 5 mm 4 St.
- 11A\_Si\_V1\_Laserplatte.stl
- Schraube Inbus M3x12
- Mutter M3



*Die Diode wird mit Heißkleber in das Entlastungsrohr geklebt. Dies schützt die anfällige Verbindung zwischen Laser und Steuerplatine.*

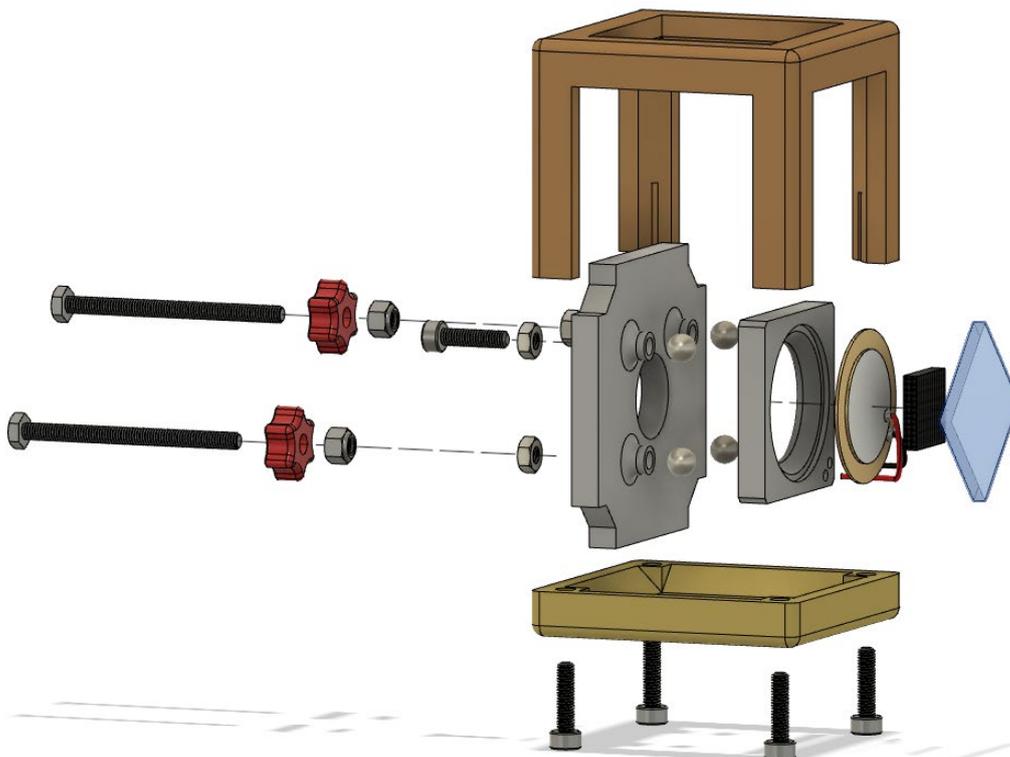
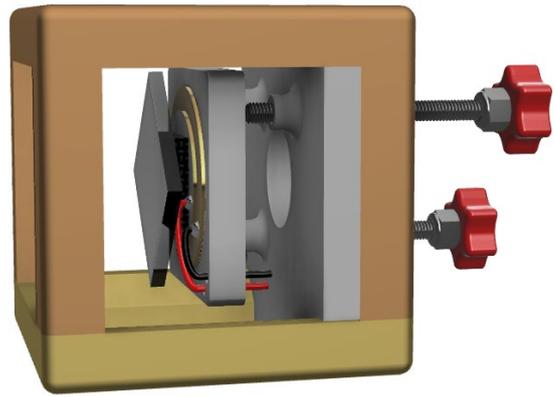
*Im einfachsten Fall wird die Laserdiode einfach an eine USB-Kabel mit Schalter gelötet. Dafür ist die Polung wichtig. In der Regel ist das Plus-Kabel sowohl bei der Laserdiode als auch im USB-Kabel rot markiert.*

*Die Laserplatte kann wie der Spiegel auf den 90°-Einsatz gesetzt werden. Das Kabel wird dazu durch das vorgesehene Loch geführt.*



## Ergänzung: Piezowürfel

- 02A\_Br\_V1\_Würfeldeckel 1x1.stl
- Schraube Außensechskant M3x40 2 St.
- 03A\_Ro\_V1\_Stellschraube\_Kopf.stl – 2 St.
- Selbstsichernde Mutter M3 – 2 St.
- Schraube Inbus M3x12
- Mutter M3 - 3 St.
- 10A\_Si\_V3\_Einsatz 90°.stl
- Magnetkugel 5 mm 4 St.
- 11D\_Si\_V1\_Spiegelplatte\_Piezo.stl
- Piezoelement
- Klebepad
- Vorderflächenspiegel 22 mm x 22 mm
- 01A\_Go\_V1\_Würfelboden 1x1.stl
- Schraube Inbus M3x12 - 4 St.



Der Piezobaustein dient zur Aufnahme von Messwerten. Das Piezoelement wird mit Sekundenkleber auf die vorgesehene Platte geklebt. Der Spiegel wird mit den üblichen Klebepads auf dem Piezoelement befestigt. Die Kabel des Piezoelements werden verlängert und mit Büschelsteckern o.Ä. versehen, sodass die Spannung durch ein Labornetzteil geregelt werden kann. Es sollte maximal eine Spannung von 20V angelegt werden.