

# Der schwebende Tisch

Teilnehmerin/Teilnehmer: Phil Hübner (13), Joss Wilutzki (13), Jakob Brändel (12)

Schule: Christliches Gymnasium Jena

Projektbetreuung: Dr. Christina Walther

Thema des Projekts: Tensegrity Table  
Fachgebiet: Technik  
Wettbewerbssparte: Schüler experimentieren  
Bundesland: Thüringen  
Wettbewerbsjahr 2022



SCHÜLER  
FORSCHUNGS  
ZENTRUM  
JENA



CHRISTLICHES  
GYMNASIUM  
JENA

## 1 Kurzfassung

Wir bauten einen Tensegrity-Tisch mit Magneten als Ersatz für die mittlere Verbindung. Wir begannen mit einem kleinen 3D-Druck-Modell und testeten die Methoden zur Befestigung und Justierung der Magneten aus. Danach wollten wir die Größe steigern und verwendeten dazu einen Holz-Lasercut.

## Inhalt

1	Kurzfassung .....	2
	Inhalt.....	2
2	Einleitung: Was ist Tensegrity? .....	3
3	Ziel der Arbeit.....	3
4	Vorgehensweise, Materialien und Methoden.....	3
5	Ergebnisse .....	4
5.1	Bestimmung der Magnetkraft .....	4
5.2	Der Faden: .....	4
5.3	Fadenbefestigung:.....	5
5.4	Die Justierung der Magneten: .....	5
5.5	Die 3D-Drucke:.....	5
6	Ergebnisdiskussion .....	6
7	Zusammenfassung.....	6
8	Unterstützungsleistungen .....	7
9	Anhang.....	8

## 2 Einleitung: Was ist Tensegrity?

Tensegrity ist die Zusammensetzung aus Stäben die sich untereinander nicht berühren und durch Zugelemente wie Fäden ein stabiles Konstrukt bilden.

Das Wort ist englisch und besteht aus dem Wort tension (Zugspannung) und integrity (Zusammenhalt)

Wir haben im Internet normale Tensegrity Tables gesehen und fanden diese Technik sehr interessant. Uns beschäftigte die Frage, ob man als mittlere Verbindung zwei Magneten an Schnüren, die sich gegenseitig anziehen, verwenden kann. Und dann stellten wir uns die Frage, wie groß ein Tensegrity Table, bei dem die mittlere Verbindung durch Magneten ersetzt wird, sein kann und was er aushält.

## 3 Ziel der Arbeit

Unser Tisch soll aus zwei deckungsgleichen Dreiecken bestehen, davon denen das eine über dem anderen "schwebt". Von den dreieckigen Platten gehen y-förmige Halterungen aus, die durch eine Schnur verbunden sind (bzw. Schnur mit Magneten). Die gegenüberliegenden Ecken der Dreiecke werden ebenfalls durch Schnüre verbunden. Die mittlere Schnur hält dadurch die Tischplatte in der Luft, während die anderen sie gerade ausrichten. So entsteht der Eindruck einer „schwebenden Tischplatte“

## 4 Vorgehensweise, Materialien und Methoden

Wir fertigten Modelle an die, sich in ihrer Größe steigerten und testeten verschiedene Schnüre, Magneten und Methoden zur Justierung der Magneten.

Wir haben 3D- Druck Modelle angefertigt und haben Nylonfaden zur Verbindung verwendet. Dieser wurde später durch Fluorocarbonfaden ersetzt. Später benutzten wir grobe Seilschnur und verwenden jetzt 0,25mm starkes Stahlseil, weil dieses viel Gewicht trägt, nicht verrutscht und gut aussieht.

Wir testeten die Anziehungskraft von Würfelmagneten mit den Maßen 0,5 cm (siehe Abbildung 1), um heraus zu finden, ob die Anzahl der Magneten auch die Anziehungskraft vervielfacht. Wir legten eine Mutter auf eine Plattform und stellten ein Lineal daneben. Anschließend fuhren wir mit einer bestimmten Anzahl von Magneten das Lineal entlang und notierten die Entfernung bei welcher die Mutter angehoben wurde

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Bestimmung der Magnetkraft

*Tabelle 1: Verdopplung der Anziehungskraft bei Verdopplung der Magnetanzahl*

Versuch	1 Magnet	2 Magneten	3 Magneten
1	0,7cm	0,9cm	1,1cm
2	0,5cm	0,8cm	0,9cm
3	0,6cm	0,9cm	1,1cm
4	0,5cm	0,8cm	1,1cm
5	0,5cm	0,9cm	1,0cm
Durchschnitt	0,55cm	0,85cm	1,05cm

Fazit: Die Magnetanzahl vervielfacht die Anziehungskraft nicht, verstärkt sie aber leicht. Daher verwendeten wir nur zwei gegenüberliegende Magnete. Die Distanz zwischen den Magneten sollte kleiner als 1 cm sein.

### 5.2 Der Faden:

Als erstes benutzten wir Nylongarn. Dieses war zwar stabil, hatte aber schlechten Halt, deshalb überlegten wir, Nähgarn zu benutzen, weil dieses, nicht verrutscht. Allerdings ist Nähgarn nicht sehr stabil, weshalb wir einen anderen Faden suchten. Wir kamen auf Seilfaden, welcher nicht verrutscht und stabil ist. Der Seilfaden sah aber nicht besonders ansprechend aus, da er dick und auffällig war. Wir wollten allerdings einen Faden finden der nur leicht zu sehen ist, um eine Illusion des Schwebens zu erzeugen. Dann testeten wir Fluorocarbon- Faden, dieser war aber zu glatt und die Knoten sind aufgegangen. Deshalb verwenden wir ein 0,25 mm dickes Stahlseil, welches wir mit Quetschklemmen befestigten. Dieses hält 7 kg und ist dank seiner Dünne kaum zu sehen.

### 5.3 Fadenbefestigung:

Zuerst befestigten wir die Fäden mit Knoten an den Ösen des 3D-Druckmodells, aber wir mussten die Länge der Fäden oft verändern und daher den Faden immer wieder zerschneiden. Deshalb verwendeten wir Zahnstocher und stopften diese in die Ösen, um die Fäden einzuklemmen. Danach benutzten wir Spanschrauben, da wir nun an deren Enden die Fäden befestigen konnten und danach die Höhe durch Drehen verstellen.

### 5.4 Die Justierung der Magneten:

Zuerst wickelten wir den Faden um die Würfelmagneten, welche eine Kantenlänge von 0,5 cm haben und fixierten den Faden mit Sekundenkleber. Da diese Weise der Befestigung sehr umständlich war und schlecht gehalten hat, entschieden wir uns, Schraubenmuttern an den Magneten festzukleben, da der Sekundenkleber schlechten Halt am Magnet hatte (siehe Abbildung 2). Zuletzt verwendeten wir Magnete mit verbauten Ösen, da diese viel einfacher zu befestigen sind.

Als sich die Größe unserer Modelle erhöhte, mussten wir auch größere Magnete verwenden. Wir entschieden uns für Magnete die eine Quaderform haben, welche eine Höhen von 0,5 cm hat und eine Länge und Breite von 1,5 cm hat. Wir fanden heraus, dass an den quaderförmigen Magneten kleinere würfelförmige Magneten angebracht werden können, um die Zugkraft zu erhöhen, falls der Abstand von den Magneten falsch eingeschätzt wurde.

### 5.5 Die 3D-Drucke:

Wir verwendeten als Basis gleichseitige Dreiecke, an denen wir die Stützen befestigten. An diesen brachten wir die Halteseile an. Als erstes verwendeten wir Dreiecke, die eine Kantenlänge von 9 cm aufwiesen und aus PLA Filament bestanden. Da uns dieses Modell zu klein war, um daran zu probieren, haben wir einen mehr als doppelt so großen Druck angefertigt. Dieser hatte nun eine Kantenlänge von 21 cm und bestand wie der erste Druck aus PLA Filament. Dann verwendeten wir Inkscape, um eine Skizze zum Lasercutten zu erstellen, denn der nächste Schritt wird ein noch deutlich größerer Tisch sein, der mittels Lasercut aus Holz gefertigt wird.

## 6 Ergebnisdiskussion

Unsere Feststellung war, dass es möglich ist, bei einem Tensegrity Table mit einfachen Mitteln die mittlere Verbindung durch Magnete zu ersetzen. Das haben wir an zwei unterschiedlich großen Modellen getestet (Abbildung 3, Abbildung 4).

Wir haben herausgefunden, dass man zum Bau eines Tensegrity Tables verschiedene Methoden und Materialien verwenden kann und haben die für unsere Verhältnisse perfekten gefunden.

Das sind folgende Materialien.

Als Halteseile: 0,25 mm dünne Drahtseile

Als Tischplatten: 3D- Druck (PLA), geplant Holz Lasercut

Die 3D-Drucke haben immer beim ersten Versuch funktioniert und waren stabil.

Allerdings traten bei der Verbindung der Magneten mit den Fäden oft Probleme auf.

Daher mussten wir in diesem Bereich viele verschiedene Varianten testen.

Unser Ergebnis war ein faszinierend aussehender Tisch, aufgrund der besonderen Technik, die wir anwendeten.

Wir haben festgestellt, dass es vermutlich möglich wäre alle Verbindungen durch Magneten zu ersetzen. Dies wäre allerdings sehr schwer zu verwirklichen, da wir bei der Verbindung durch Magneten bemerkten, dass der Tisch bei einem zu geringen oder zu hohen Abstand leicht wackelt.

Bei drei solcher Verbindungen wäre dies schwer exakt zu justieren.

Unsere Entwicklung hat zwar keinen großen Nutzen da der Tisch nicht viel Gewicht aushält, allerdings ist der Tisch sehr ästhetisch und ist ein gutes designtechnisches Mittel.

## 7 Zusammenfassung

Wir sind sehr zufrieden mit der aktuellen Größe des Tisches und der Großteil unserer Methoden hat funktioniert.

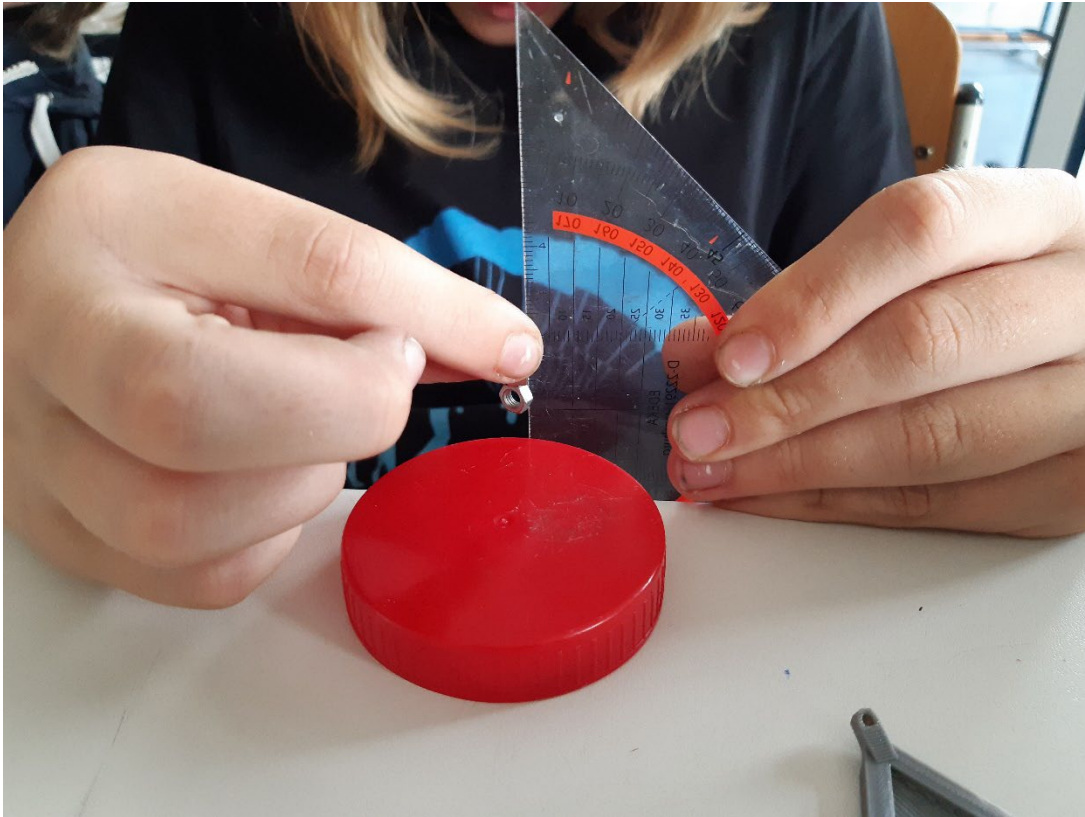
## 8 Unterstützungsleistungen

Dr. Christina Walther, witelo e.V, Schülerforschungszentrum Jena, , ILZ Betreuer:

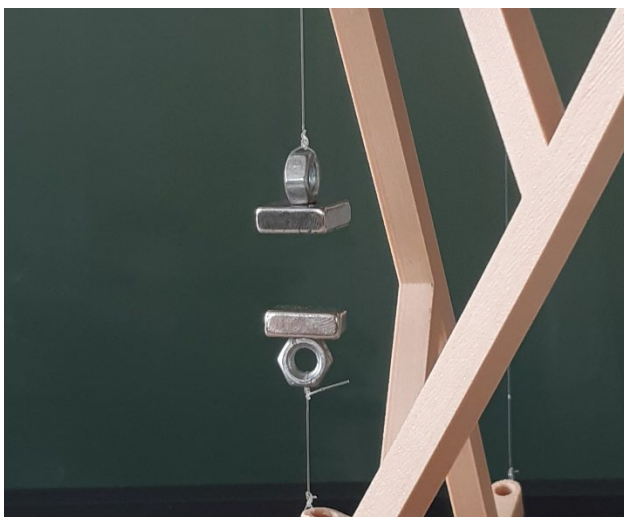
Fachliche Betreuung, Besorgung, zur Verfügung Stellung von Material

Lichtwerkstatt Jena: Lasercut

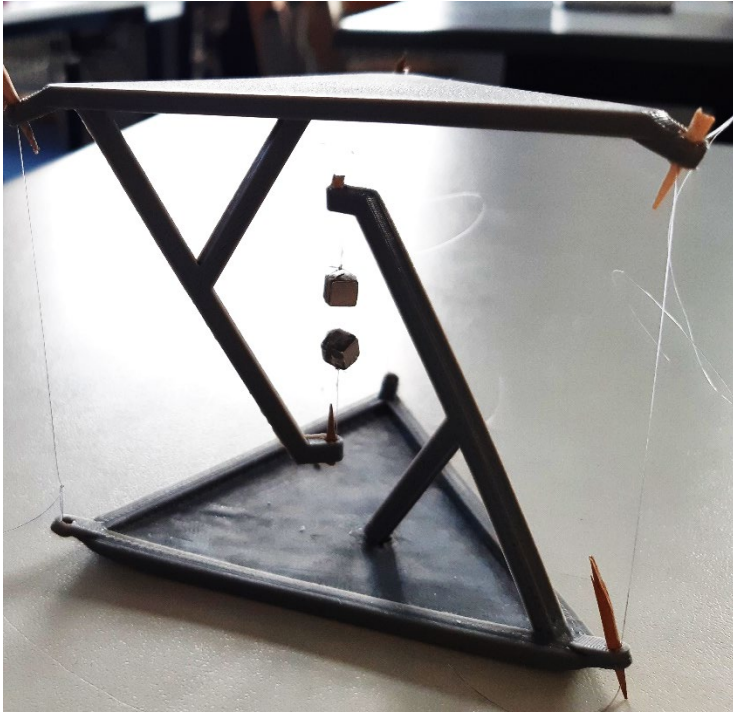
## 9 Anhang



*Abbildung 1: Experiment zur Magnetkraft*



*Abbildung 2: Befestigung der Magnete mit Muttern*



*Abbildung 3 Tensegrity Table Modell 1*



*Abbildung 4: Tensegrity Table Modell 2*

