

Dokumentation zur Entwicklung von Versuchsaapparaturen zur Smartphone-App *PhyPhox*

Das Ziel:

Die App *PhyPhox* dient zur Durchführung von physikalischen Experimenten aus dem Bereich der Mechanik. Die Sensoren des Smartphones liefern dabei die jeweiligen Messdaten.

Für Pendelversuche soll eine Halterung entwickelt werden, die es ermöglicht Federn bzw. Fäden anzubringen, um die jeweiligen Pendel zu bilden. Das Smartphone möglichst sicher zu fixieren wird dabei ebenso wie das Anbringen zusätzlicher Massen angestrebt.

Die Apparatur soll modular aufgebaut sein, um Erweiterungen - z. B. zu einer rollenden Konstruktion - zu ermöglichen. Erweiterungen sollen über ein universelles Adapterstück realisiert werden, um eine möglichst gute Passung mit minimalem Zeit- und Materialaufwand zu erzielen.

Die Werkzeuge:

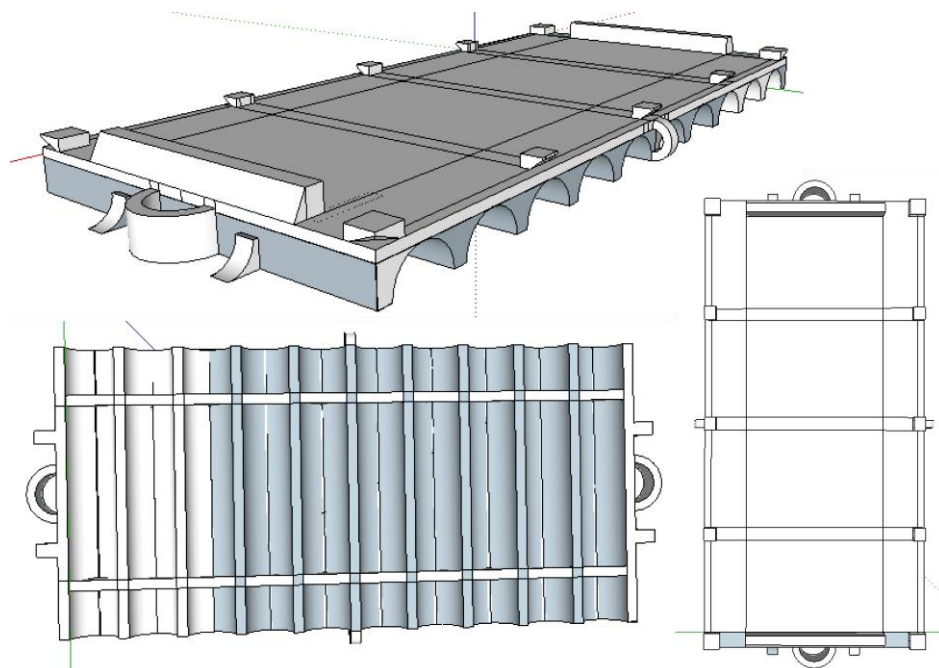
Zur Herstellung der Bauteile steht ein 3D-Drucker des Typs *Ultimaker 2* des niederländischen Herstellers *Ultimaker* zur Verfügung. CAD-Modelle werden mit der freien Software *SktechUp* von *Google* und dem Programm *CURA* von *Ultimaker* erstellt und auf Druckbarkeit überprüft.

Die Bauteile:

1. Die Halterung

Das Herzstück der Apparatur bildet die Halterung des Smartphones. Sie besteht im Wesentlichen aus einer Platte mit Möglichkeiten zur Anbringung von Gummibändern oder anderen Befestigungsmaterialien, welche das Gerät sicher in Position halten.

An allen vier Kanten der Platte sind zentral Ösen angebracht, um Federn, Fäden oder Gewichte zu befestigen.



1. Halterung in verschiedenen Ansichten

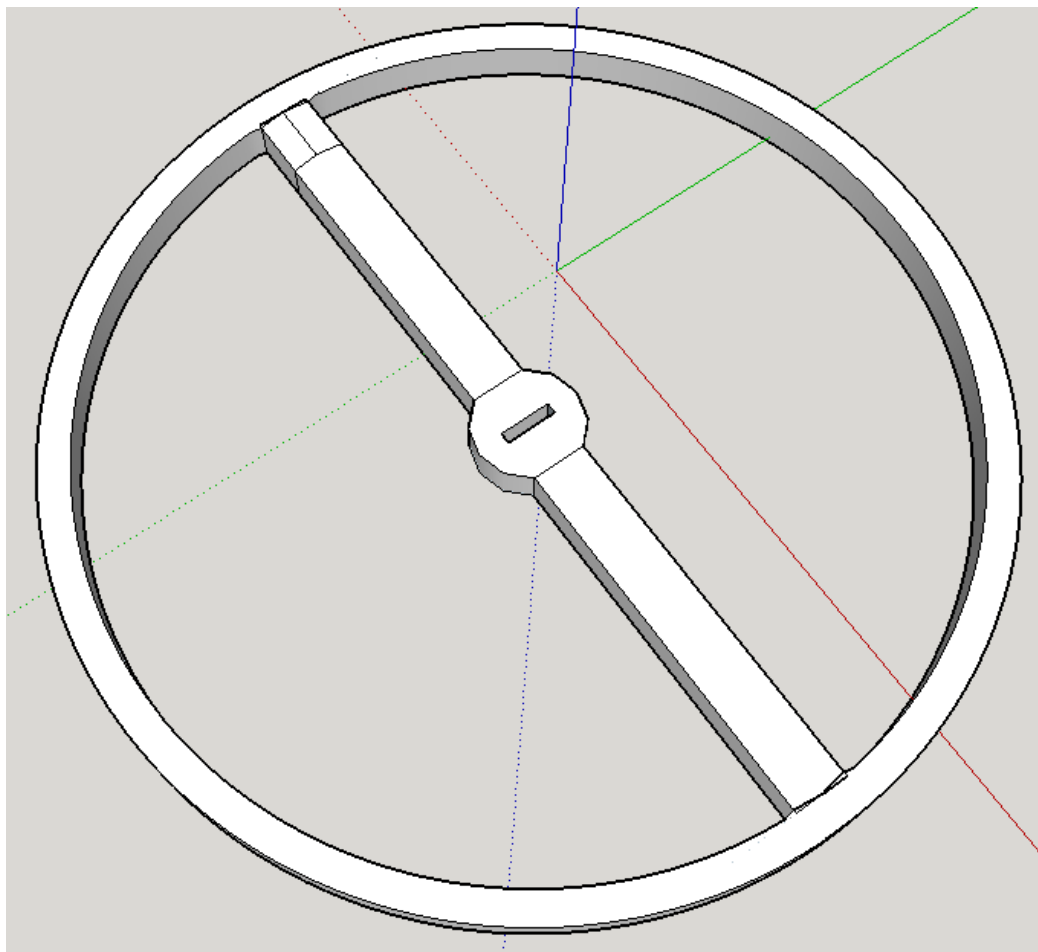
Der Unterbau bietet die Möglichkeit die Masse durch das Einsetzen von bis zu 10 Batterien des gängigen Typs *Mignon*, bzw. AA zu variieren. Hierdurch kann v durch verschieden schwere Telefone variable Schwerpunkt ebenfalls ausgeglichen werden. Die Fixierung erfolgt wieder durch Gummibänder an separaten Haken. Die Wahl fiel auf AA-Batterien, da diese in quasi jedem Geschäft erhältlich sind.

Die Konstruktion ist einteilig, um auch bei geringen Druckdichten (20%) eine hohe Stabilität zu bieten. PLA-Filamente (Polylactide) stellten sich als weniger anfällig gegen thermisches Verziehen des Modells heraus als solche aus ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer). Dies ist aufgrund der Größe des Modells eine wichtige Erkenntnis.

2. Die Räder

Zur Durchführung von Rollversuchen können zwei Räder gedruckt werden. Diese sind jeweils einteilig und besitzen zwei Speichen. So kann mit wenig Material (Druckdichte ca. 20%) eine hohe Stabilität geboten werden.

Zentral befindet sich ein rechteckiger Schlitz zum Anbringen des Adapters. PLA stellte sich wiederum als weniger anfällig gegen thermisches Verziehen des großen Modells heraus als ABS.



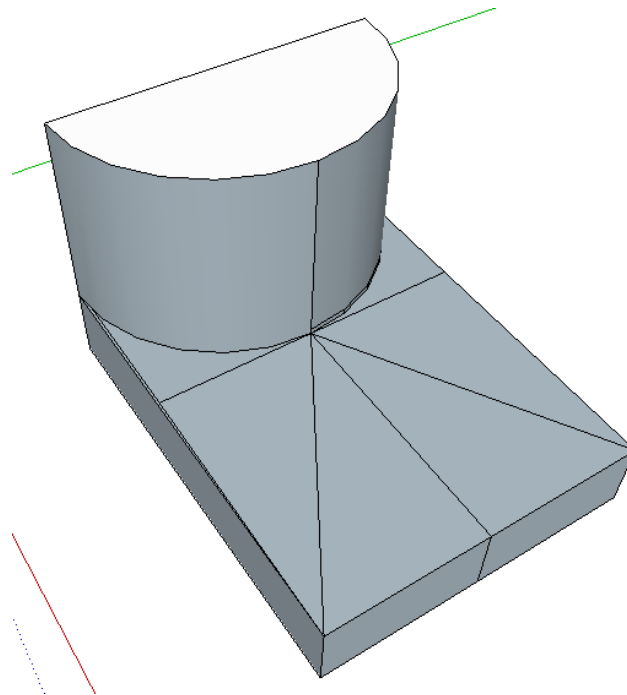
2. Radmodul für die Halterung

Einer Unwucht durch einen nicht zentral auf der Drehachse befindlichen Schwerpunkt kann durch Einlegen von Batterien in die Halterung entgegengewirkt werden.

3. Die Adapter

Die Verbindung von Rad und Halterung erfolgt über zwei Adapter. Sie können an den großen Ösen der Halterung und dem rechteckigen Schlitz des Rades per Presspassung angebracht werden. Die Presspassung erfordert eine hohe Fertigungsgenauigkeit. Daher sollten Modelle solide (100% Druckdichte) und reduzierter Geschwindigkeit gedruckt werden. Der solide Druck bietet zudem eine erhöhte Stabilität.

Die Druckzeit liegt im Allgemeinen unter 5 Minuten, weswegen die genaue Passung über die Skalierung des Adapters mit wenig Zeit und Materialaufwand iterativ erzielt werden kann. Eine eventuelle Nachbearbeitung mit Feilen und Sandpapier kann durch den massiven Druck problemlos durchgeführt werden, um eine gute Passform zu erhalten.



3. Adapterstück für Halterung und Radmodul

Abnutzungen des bogenförmigen Teils (Halterungs-Seite) können durch Erwärmen (Herdplatte oder Feuerzeug) und leichtes Deformieren des Adapters ausgeglichen werden. Radseitig ist das Bauteil keilförmig, weswegen von weniger Abnutzung auszugehen ist. Diese Verbindung kann auch geklebt werden.

Der Zusammenbau:

Sobald die Bauteile passgenau vorliegen, können die Adapterstücke mit festem Druck in den Rädern befestigt werden. Bei zu viel Spiel kann diese Verbindung geklebt werden. Die Teile sind symmetrisch, daher können beim Zusammenbau Teile vertauscht werden.

Die Halterung wird mit den Ösen der kürzeren Seite in die Adapterstücke eingehängt. Für einen Schwerpunkt nahe der Achse sollte dies von der Oberseite her passieren. Diese Verbindungen sind mehrfach steckbar. Bei zu starker Abnutzung müssen lediglich die Adapterstücke nachgedruckt werden.

Druckzeiten:

Halterung: ca. 6,5 h bei 20 % Füllichte

Rad: je ca. 3,5 h bei 20 % Füllichte

Adapter: je ca. 3-5 min bei 100 % Füllichte

Links:

Software *Google SketchUp*: <https://www.sketchup.com/de>

Software *Ultimaker CURA*: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>