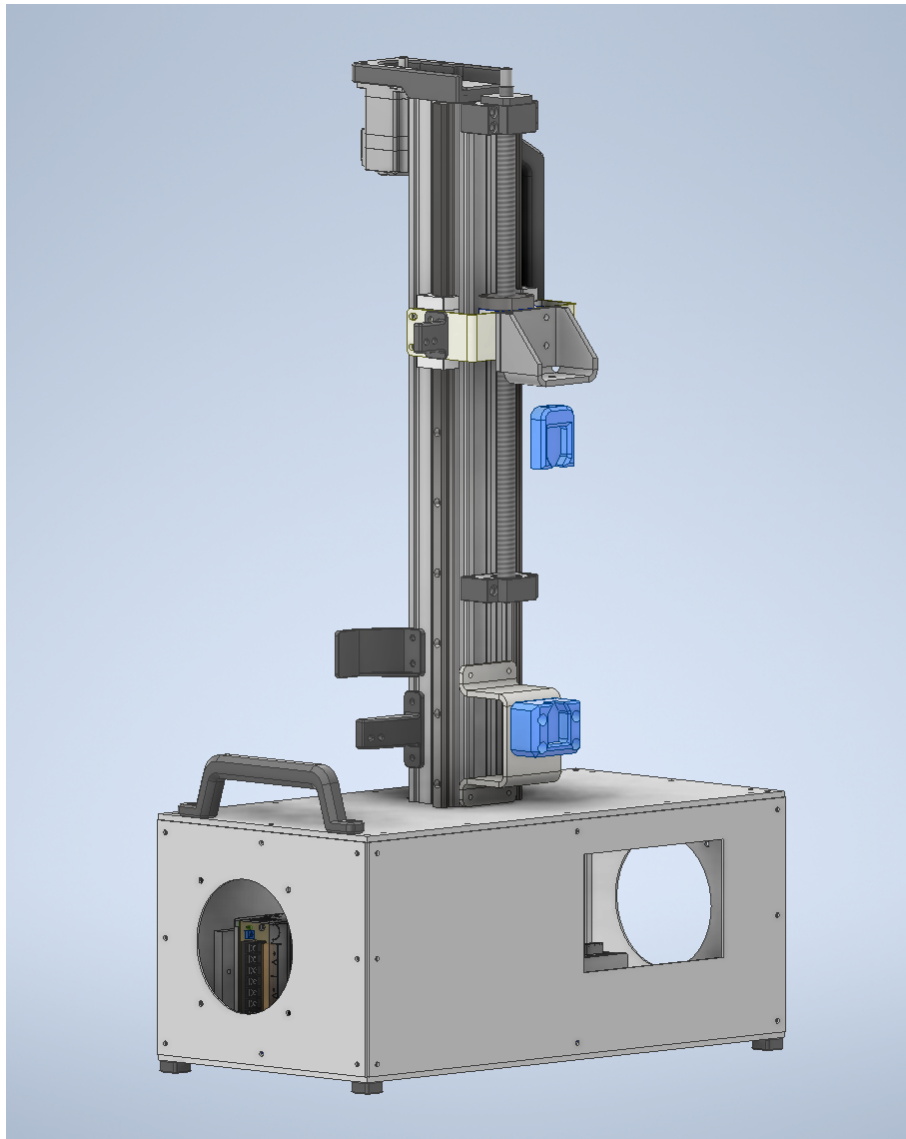


Open Source Desktop Tensile Testing Machine

Edtmeier Bernhard

Stand: 19. April 2025



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Stückliste Elektronik / Mechanik	4
3	Teile 3D-Druck	5
4	Mechanik - Anmerkungen und Montage	6
5	Elektrik - Anmerkungen und Montage	6
6	Softwareübersicht	8
6.1	Übersicht der Komponenten	8
7	Installation	8
7.1	Repository klonen	8
7.2	Abhängigkeiten installieren	8
8	Konfiguration & Kalibrierung	8
9	Nutzung	9
9.1	Starten der Anwendung	9
9.2	Bedienung	9
10	Lizenz	9

1 Einführung

Die hier beschriebene Zugprüfmaschine ist ein vollständig Open-Source entwickeltes Gerät zur Bestimmung mechanischer Zugfestigkeiten von Prüfkörpern. Als Herzstück fungiert ein Einplatinencomputer (typischerweise Raspberry Pi), der in Kombination mit einer Wägezelle und einem HX711-Verstärker präzise Kraftmessungen durchführt. Ein bipolares Schrittmotor-Modul übernimmt die definierte Positionierung und Vorschubsteuerung, sodass reproduzierbare Belastungsprofile realisiert werden können.

Ziel des Projekts ist es, eine kostengünstige und modular erweiterbare Prüfanlage bereitzustellen, die sowohl von Hobby-Tüftlern als auch von Forschungslabors genutzt und weiterentwickelt werden kann. Die Steuerung erfolgt über eine intuitiv bedienbare Touch-GUI (mittels `ttkbootstrap` und `tkinter`), die alle relevanten Parameter – Zuglänge, Vorschubrate, Kraftabfallgrenze – in Echtzeit visualisiert und über programmierbare Abläufe automatisch Messdaten in CSV-Logs speichert.

Dank der Open-Source-Lizenzierung (MIT) steht der gesamte Quellcode frei auf GitHub zur Verfügung. Modulbauweise und klare Schnittstellen erleichtern Anpassungen, Erweiterungen und Integration zusätzlicher Sensorik oder Aktorik. Damit wird die Zugprüfmaschine zu einer flexiblen Plattform für Materialtests, Lehrzwecke und DIY-Projekte.

2 Stückliste Elektronik / Mechanik

ID	Bezeichnung	Shop / Firma	Menge
Profile			
1	Aluprofil 20x20 I-Typ Nut5 200mm	Motedis	4
2	Aluprofil 20x20 I-Typ Nut5 210mm	Motedis	4
3	Aluprofil 20x20 I-Typ Nut5 460mm	Motedis	4
4	Aluprofil 20x60 I-Typ Nut5 600mm	Motedis	2
5	Winkel 20 I-Typ Nut 5	Motedis	30
6	Nutenstein I Typ 5 M4	Motedis	100
7	Nutenstein mit Steg I-Typ Nut 5 [M5]	Motedis	70
8	Energiekette 15x15 - 1m	Motedis	1
Linearbewegung			
9	2Stück HGR20-600mm Führungsschiene mit 4Stück Hohe Präzision HGH20CA Linearlag	Amazon	1
10	SFU1605 Kugelumlaufspindel 450mm Gewindespindel Edelstahl Kugelumlaufspindel mi	Amazon	1
Motor + Treiber			
11	1 x 1 Achsen Schrittmotor CNC Kit 3,0Nm(425oz.in) Nema 23 Schrittmotor und Treiber	Stepperonline	1
Elektronik			
12	24V 5A 120W DC Schaltnetzteil AC 100V/240V auf DC-24V Netzteil	Amazon	1
13	YIMATEECO Staubfilter PC 120mm Lüfterabdeckungen für Computer-Kühlerlüfter	Amazon	1
14	LUCKFOX for Raspberry Pi Screen 7 inch HDMI Touchscreen for Raspberry Pi 5	Amazon	1
15	RPi GPIO Breakout-Erweiterungskarte + Flachbandkabel	Amazon	1
16	Raspberry Pi 5 4gb Ram	Berrybase	1
17	Raspberry Pi5 active Cooler	Berrybase	1
18	HX711 Wägezelle 24-Bit-A/D-Wandlerchip für elektronische Präzisionswaage	Amazon	1
19	DYMH 103 Mikro-Miniatur-Wägezelle Wägezelle Wägesensor Zugstangen-Druckspannun	Amazon	1
20	REV Standard, Feuchtraumsteckdose, Aufputz, grau	Amazon	1
21	3 Stück Kaltgeräte Einbau-Stecker 220-250V/ 10A	Amazon	1
Blechteile			
22	Bodenplatte	Mon-Tec	
23	Deckplatte	Mon-Tec	
24	Festlagerblech	Mon-Tec	
25	Führungswinkel	Mon-Tec	2
26	Zugwinkel	Mon-Tec	
27	Seitenblech	Mon-Tec	2
28	Frontblech	Mon-Tec	
29	Rückblech	Mon-Tec	
Schrauben			
30	M4x8 Inbus	Schraubenking	100
31	M4x10 Linsenflachkopf	Schraubenking	100
32	M5x12 Linsenflachkopf	Schraubenking	30
33	M5x16 Inbus	Schraubenking	20
34	Unterlegscheiben M4	Schraubenking	100
35	Unterlegscheiben M5	Schraubenking	10
36	M6 Mutter	Schraubenking	1

Abbildung 1: Stückliste

3 Teile 3D-Druck

ID	3D-Druck Teile	Menge
1	Motorhalter Nema 23	1
2	Halterung Kabelschlepp fahrend	1
3	Halterung Kabelschlepp fix	1
4	Tragegriff	1
5	Tragegriff seite	1
6	Auflage Kabelschlepp	1
7	Fliegender Probenhalter (auch als Frästeil möglich)	1
8	Probenhalter fix (auch als Frästeil möglich)	1

Abbildung 2: Liste 3D-Druck Teile

Für einen Teil der Zugprüfmaschine wurden 3D gedruckte Teile verwendet (siehe Liste). Hier wurde in der Ursprungsversion PCTG verwendet. Generell sind die Teile für Messing Gewindeeinsätze Konstruiert. Diese sind von der Firma Rutex 3D erhältlich.

Für die Teile wird ein Infill von **50%** empfohlen!

Sollten die Probenhalter auch in 3D-Druck gefertigt werden wird hier **PCTG** oder **ASA** empfohlen. Hier wird ein minimum von **5 Wand-Schleifen** und ein minimum Infill von **70%** geraten.

Es steht auch eine Step Datei für die Probenhalter als Fräsdatei zur Verfügung. Generell wäre ein Frästeil aus Aluminum oder Stahl gegenüber einen 3D-Druck aus Kunststoff zu bevorzugen.

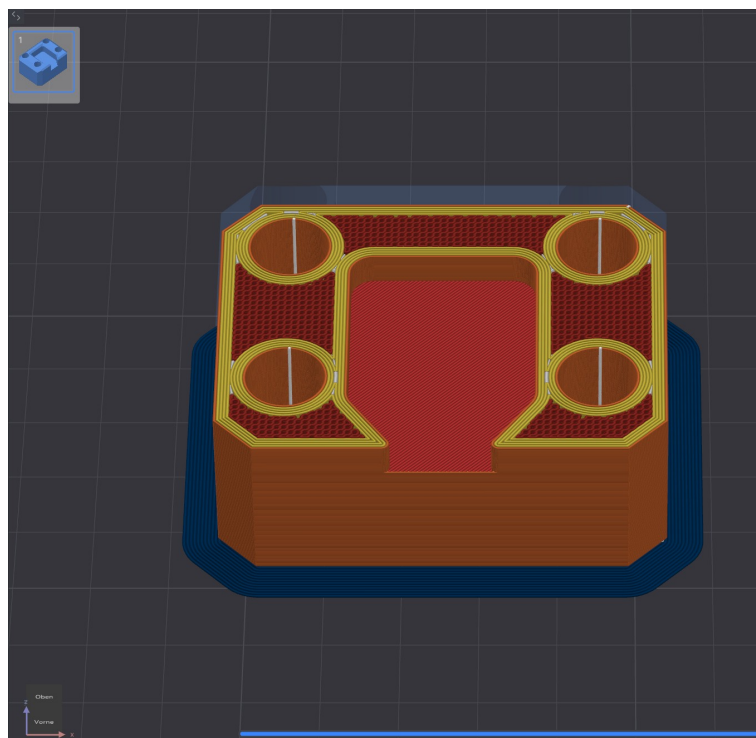


Abbildung 3: Probenhalter fix als 3D-Druck

4 Mechanik - Anmerkungen und Montage

Die Blechteile die zu bestellen sind, wären grundsätzlich für den Laserschnitt und weiterer Biege Verarbeitung konstruiert. Als Material ist hier ein Baustahl (S235 / S355) vorgesehen. Sollten die Zugkräfte 2kN übersteigen wäre eine massivere Ausführung aus stärkeren Stahl, oder gar als Frästeil, zu bevorzugen.

In der Stückliste fehlen die Pulleys und der Zahnriemen. Diese sollten passend für den verwendeten Motor und Kugelumlaufspindel bestellt werden. Bis 2kN reicht eine Ausführung für 6mm GT2 Riemen mit Glasfaserverstärkung! Darüber wird ein breiteres Riemenkonzept empfohlen.

Bei der mechanischen Montage gilt diese Grundsätzlich nach der Assembly-Step durchzuführen. Für die Montierung der Linearschienen und der Kugelumlaufspindel, gibt es bei den 3D Druck Teilen für beides eine Montagehilfe vorhanden. Wichtig hierbei ist das die Linear-Führungen und die Kugelumlaufspindeln parallel zueinander sind! Kleine Abweichungen hier wirken sich schnell auf die Aufgewendete Motorarbeit aus und kann zu Step-Verlusten führen! Für eine genaue Ausrichtung sollte eine Messuhr verwendet werden.

5 Elektrik - Anmerkungen und Montage

Bei der elektrischen Montage sind bitte die allgemeinen Sicherheitsrichtlinien für das Arbeiten mit Netzspannung zu beachten. Netzspannung (230V) kann bei falscher Verwendung schwere Verletzungen und Sachschäden verursachen!!

Die Bodenplatte ist für die Verwendung von selbst schneidenden Schrauben gedacht. Die gesamte Elektronik kann also mit solchen befestigt werden. Wichtig ist die das Bodenplatte über die Zuleitung geerdet ist. wird dies vergessen, kann die Elektronik über die Zeit schaden nehmen!

230V und 24V Spannungskreise sollten so gut wie möglich voneinander getrennt aufgebaut werden. Wenn die 230V zu nahe an Sensorik Leitungen oder an Steuerungen verlegt wird, kann dies zu Indifferenzen oder Fehlern führen welche das Messergebnis beeinträchtigen können!

Der Raspberry Pi5, bzw. auch alle andern Raspberry Pi's haben bei den GPIO Pins 3.3V für die Ausgangsspannung. Es muss also bei der Bestellung des Motortreibers darauf geachtet werden, dass dieser bei den PUL/EN/DIR Pins eine passende High-Level Spannung für die Eingänge hat. Der Treiber von der Firma StepperOnline auf der Stückliste ist auf Funktion getestet. Es ist auch die Verwendung von zum Bsp. eines TMC2209 über ein Breakoutboard möglich.

Wichtig: Beim HX711 ist ein Board mit 80Hz Ausleserate zu verwenden!!

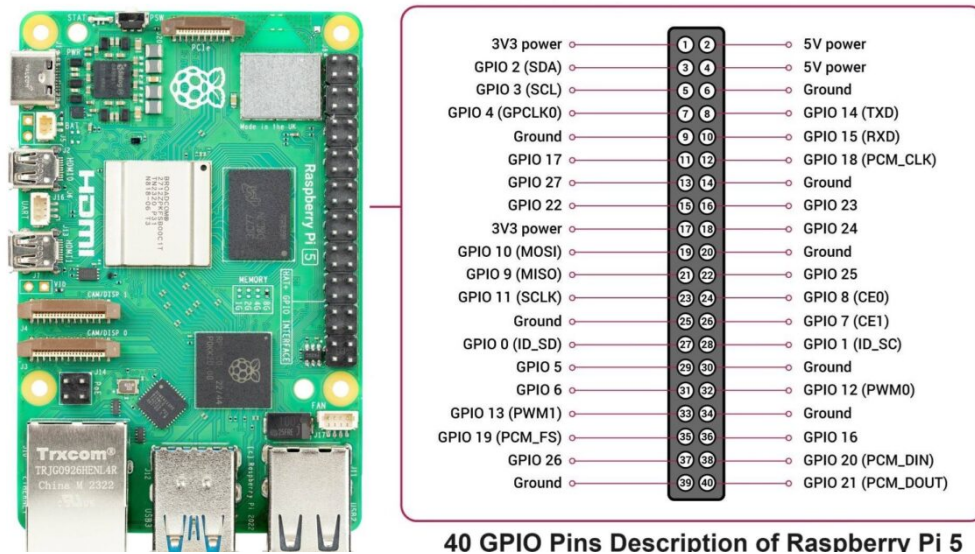


Abbildung 4: GPIO Raspberry Pi5

Pinbelegung laut Programmierung:

- GPIO 05: DT HX711
- GPIO 06: SCK HX711
- GPIO 18: Step/PUL Signal Motortreiber
- GPIO 19: Dir Signal Motortreiber
- GPIO 26: EN Signal Motortreiber

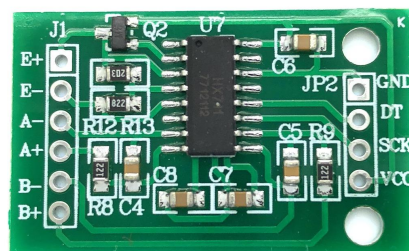


Abbildung 5: HX711 Board

6 Softwareübersicht

6.1 Übersicht der Komponenten

- Programmiersprache: Python 3
- Bibliotheken:
 - `gpiozero` (über pip zu installieren)
 - `ttkbootstrap` + `tkinter` (über pip zu installieren)
 - Modul `HX711.py` (in Repository)
- Skripts:
 - `HX711.py`: Auslesung und Kalibrierung der Wägezelle
 - `ZP_Final2.py`: Haupt-GUI und Logik

7 Installation

7.1 Repository klonen

```
1 -
```

Listing 1: Klonen des Repository

7.2 Abhängigkeiten installieren

```
1 pip install gpiozero ttkbootstrap tk
```

Listing 2: Installiere Python-Pakete

8 Konfiguration & Kalibrierung

1. Öffnen Sie `HX711.py` und starten Sie `main()`, um den *reference_unit*-Wert zu ermitteln. Messen Sie zwei verschiedene Gewichte und passen die den Wert so an, dass die Korrekte Kraft angezeigt wird.
2. Passen Sie ebenfalls in `ZP_Final2.py` den Wert bei der Variable `force` an.

```
244 def update_force_loop(self):
245     sample_interval = 0.0125 # in Sekunden (10 Hz)
246     while not self.stop_event.is_set():
247         loop_start = time.perf_counter()
248         raw_value = self.read_value_with_timeout(timeout_ms=15)
249         if raw_value is not None:
250             force = raw_value * -0.0003024406
251         # Filterung: neuer Wert wird durch den Filter verarbeitet.
```

Abbildung 6: ZP_Final2 force reference value

9 Nutzung

9.1 Starten der Anwendung

```
1 python ZP_Final2.py
```

Listing 3: Starte die GUI

Entweder über Terminal oder Thonny.

9.2 Bedienung

- **Tare:** Waage nullen.
- **Vorschub & Zuglänge:** Mit Buttons einstellen.
- **Prozess starten:** Messlauf starten.
- **Pos. Nullsetzen:** Setzt die Aktuelle Position auf 0
- **Zurück zu 0 Position:** Fährt die Traverse wieder auf 0mm
- Logfiles werden in logs/ abgelegt.
- Log-Base gibt den Namen des Logfiles vorm Index vor.

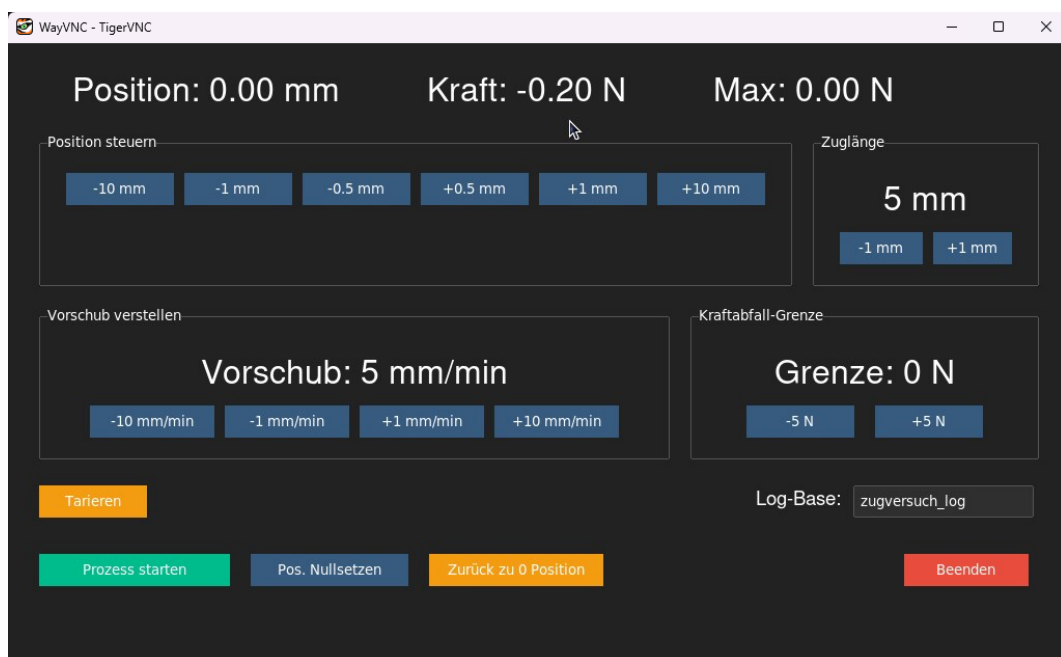


Abbildung 7: GUI ZP Final2

10 Lizenz

Dieses Projekt steht unter der MIT-Lizenz. Siehe LICENSE.