

caribou3d

## 05\_Input shaping

Input shaping on a Caribou Printer with Klipper firmware

Written By: Bernd Brinkert

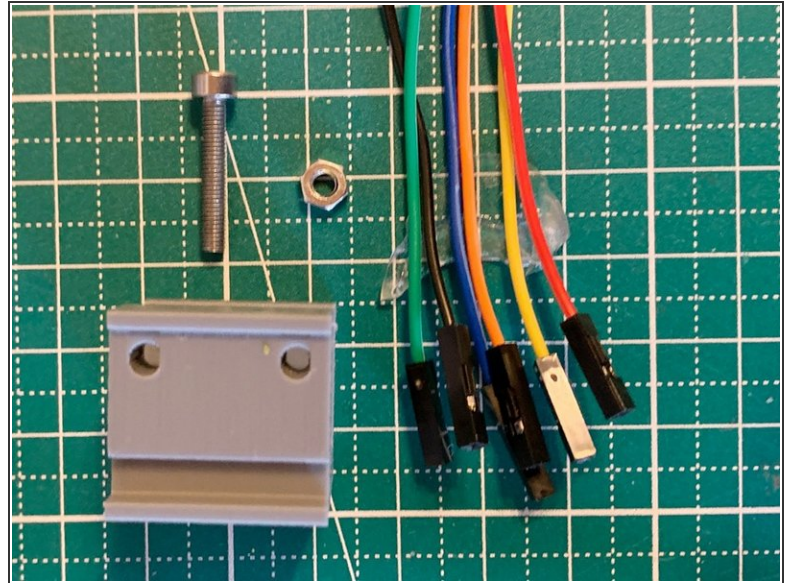
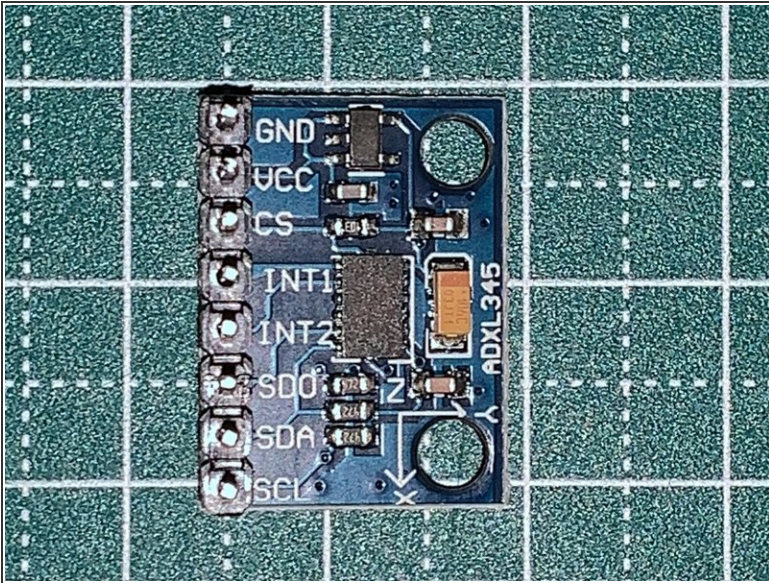
# Input shaper

## INTRODUCTION

Klipper unterstützt das sogen. **Input- shaping**. Dadurch kann (insbesondere bei hohem Drucktempo) "ringing" bzw. "ghosting" deutlich reduziert werden. Wir verwenden für die Messung der Resonanzen einen preisgünstigen Beschleunigungssensor (Accelerometer) vom Typ ADXL345 für die X- und Y- Achse. Es geht in diesem Tutorial primär um die praktische Umsetzung. Wer mehr über das Thema wissen möchte, wird [hier](#) fündig.

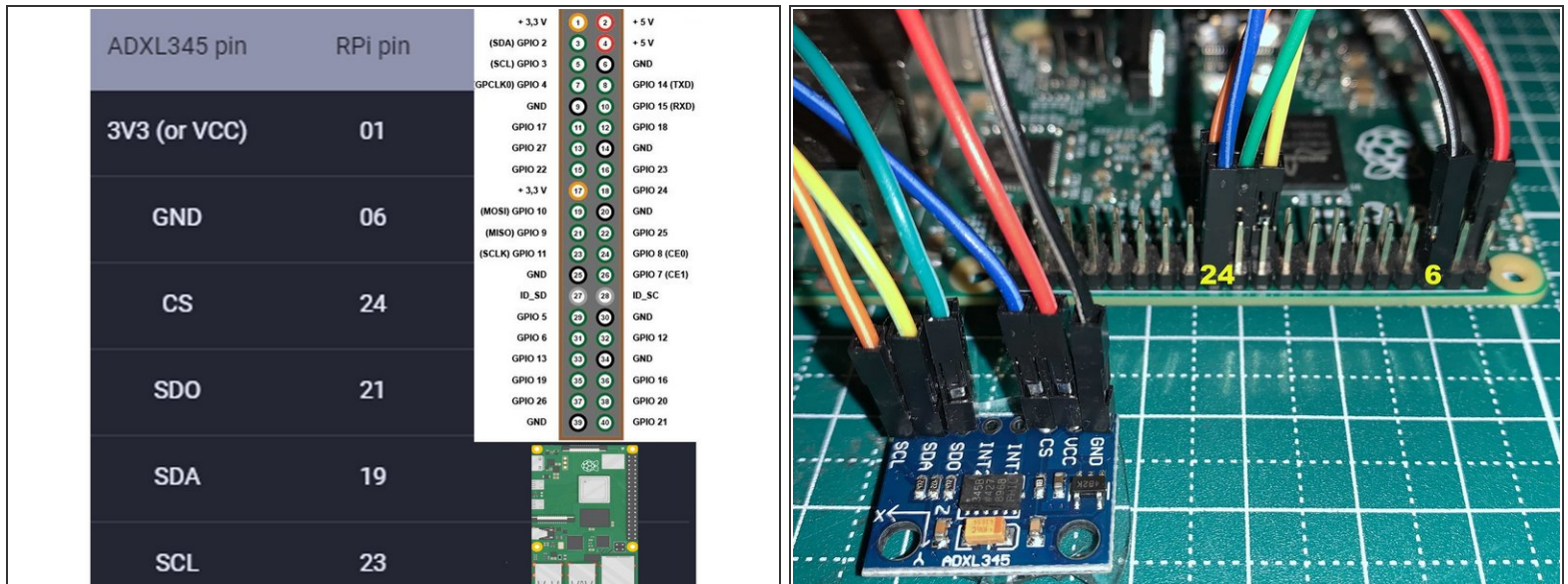
**Der Autor übernimmt keine Verantwortung für mögliche Schäden am Drucker, Raspberry Pi oder ADXL345- Modul!**

## Step 1 — Was wird benötigt?



- Ein ADXL345- Modul (z.B. bei amazon erhältlich, Kostenpunkt ca. 2,00 bis 5,00 Euro)
- ❗ Es gibt verschiedene Ausführungen dieser Module. Die Reihenfolge der Pin- Belegung kann daher vom Foto abweichen.
- Eine gedruckte Halterung für die Y- Achse, stl- download von [hier](#). Eine Mutter M3 und eine Schraube M3x12.
- Sechs Dupontkabel female/female, Mindestlänge 40cm
- Evtl. einen LötKolben und etwas Lötzinn.

## Step 2 — Verkabelung



- Die Steckerleiste ist bei den meisten ADXL345 Modulen noch nicht angelötet. Löten Sie diese auf die Oberseite der Platine und kneifen überstehende Spitzen auf der Unterseite mit einer kleinen Kneifzange ab.
  - Trennen Sie den Drucker und Raspberry Pi vom Strom.
  - Verbinden Sie den Raspberry Pi und das ADXL345 Modul mit den Dupont- Kabeln, wie auf der Skizze und dem Foto gezeigt.
- ⚠ Kontrollieren Sie die Verkabelung! Bei einer fehlerhaften Verkabelung können Pi oder Accelerometer beschädigt werden.**



## Step 3 — Vorbereitung der Software

```

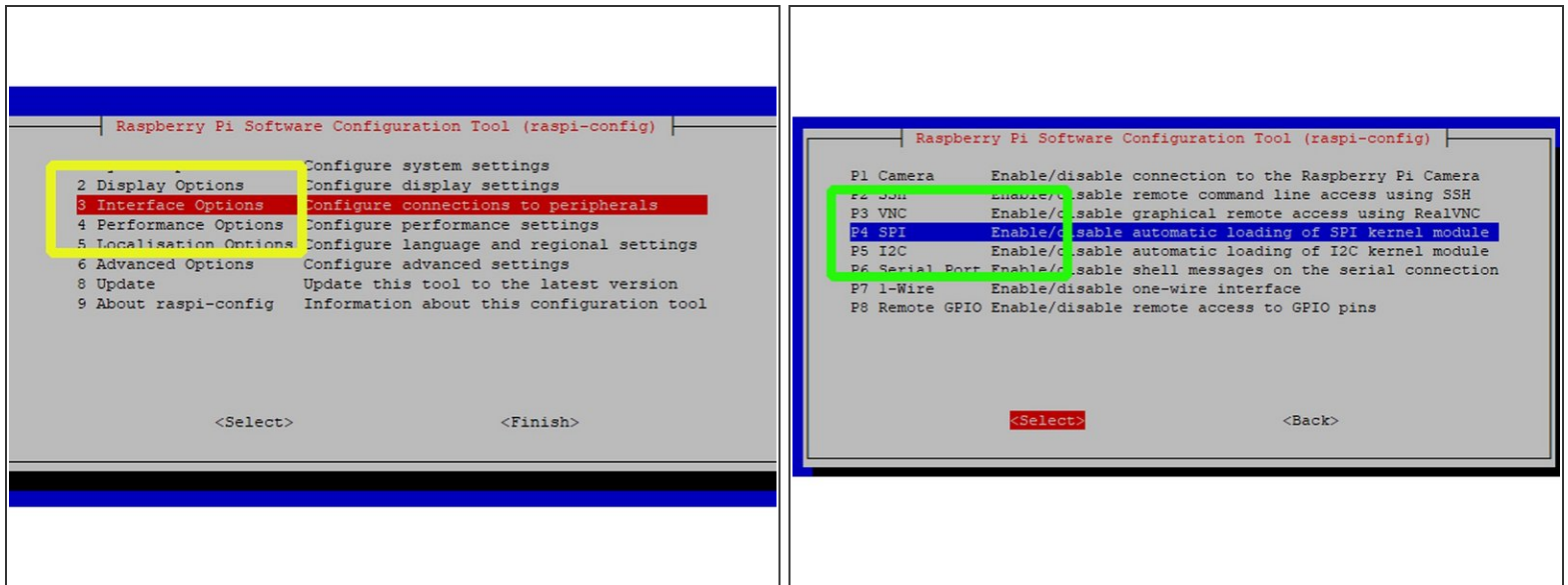
pi@mainailos:~$ ssh pi@192.168.1.07
Warning: Permanently added '192.168.1.07' (ssh-rsa) to the list of known hosts.
pi@mainailos:~$ sudo apt install python3-pip python3-setuptools python3-wheel python3-tk
pi@mainailos:~$ pip install numpy
pi@mainailos:~$ pip install matplotlib

```

⚠️ Gehen Sie auf "Nummer sicher" und fertigen eine 1:1 Kopie der MicroSD, welche sich im Raspberry Pi befindet, an. Das geht z.B. mit dem Tool **Win32DiskImager** unter Windows problemlos.

- Wir benötigen des Weiteren unter Windows die Tools **Putty** und **WinSCP**, die wir bereits aus den anderen Tutorials kennen.
- Schließen Sie Pi und Drucker wieder an und booten mit der Sicherungskopie. Wir loggen uns zunächst über Putty via SSH- Verbindung auf unserem Klipper- System ein.
- Zunächst muss die Python- Programmbibliothek NumPy installiert werden. Dazu geben wir den Befehl **~/klippy-env/bin/pip install -v numpy** ein und bestätigen mit Enter. Die Installation kann bis zu 20 Minuten dauern.
- Danach geben wir **sudo apt install python-numpy python-matplotlib** ein und bestätigen erneut mit Enter. Nun werden weitere, programmbezogene Abhängigkeiten installiert.
- Die folgende Abfrage beantworten wir mit "Yes".

## Step 4 — SPI aktivieren



**i** Für die Kommunikation zwischen Accelerometer und Pi müssen wir die SPI- Schnittstelle des Pi aktivieren.

- Dazu geben wir zunächst in Putty **sudo raspi-config** ein, bestätigen mit Enter und geben dann unser Passwort ein.
- Im Configuration Tool wählen wir zunächst Punkt 3 **Interface Options**.
- Es öffnet sich ein weiteres Konfigurationsfenster und wir wählen **P4 SPI**. Wir gehen auf "Select" und speichern die Änderung ab.

## Step 5 — Virtuellen Drucker anlegen

```

pi@mainailos: ~/klipper
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/*copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Wed Nov 17 16:53:51 2021 from 192.168.1.10

pi@mainailos:~$ cd ~/klipper/
pi@mainailos:~/klipper$ sudo cp ./scripts/klipper-mcu-start.sh /etc/init.d/klipper_mcu
[sudo] password for pi:
pi@mainailos:~/klipper$ sudo update-rc.d klipper_mcu defaults
pi@mainailos:~/klipper$ make menuconfig
pi@mainailos:~/klipper$ make flash
pi@mainailos:~/klipper$

Klipper Firmware Configuration
[?] Enable extra low-level configuration options
[?] Micro-controller Architecture (Linux process) -->
[?] GPIO pins to set at micro-controller startup (N/A)

[Space/Enter] Toggle/enter  [?] Help  [/] Search
[Q] Quit (prompts for save)  [ESC] Leave menu

klipper_mcu
[sudo] password for pi:
pi@mainailos:~/klipper$ sudo service klipper stop
pi@mainailos:~/klipper$ sudo usermod -a -G tty pi
pi@mainailos:~/klipper$ make flash
Building out/autocount.h
Compiling out/src/sched.o
Compiling out/src/command.o
Compiling out/src/basecmd.o
Compiling out/src/debugcmds.o
Compiling out/src/initial_pins.o
Compiling out/src/gpiocmds.o
Compiling out/src/stepper.o

```

- Wir loggen uns erneut über Putty ein und geben **cd ~/klipper/** ein plus Enter. Danach **sudo cp ./scripts/klipper-mcu-start.sh /etc/init.d/klipper\_mcu** plus Enter und Passwortbestätigung, gefolgt von **sudo update-rc.d klipper\_mcu defaults** plus Enter und **make menuconfig** plus Enter.
- Es öffnet sich ein Konfigurationsfenster wo wir **Enable extra low-level** und **MicroController Architecture (Linux process)** aktivieren. Wir speichern via "Quit".
- Wir geben dann **sudo service klipper stop** plus Enter ein, gefolgt von **sudo usermod -a -G tty pi** plus Enter. Mit **make flash** plus Enter wird der virtuelle Drucker angelegt. Über **sudo service klipper start** plus Enter wird Klipper wieder gestartet.

## Step 6 — Änderungen in printer.cfg

printer.cfg

```
1 [mcu]
2 baud: 250000
3 serial: /dev/serial/by-id/usb-Prusa_Research__prusa3d.com_Original_Prusa_i3_MK3_CZPX1218X004XK53581-1f00
4
5 [mcu rpi]
6 serial: /tmp/klipper_host_mcu
7
8 [adxl345]
9 cs_pin: rpi:None
10
11 [resonance_tester]
12 accel_chip: adxl345
13 probe_points:
14     100,100,20 # an example
15
16 [printer]
17 kinematics: cartesian
18 max_velocity: 300
19 max_accel: 10000
20 max_accel_to_decel: 10000
21 max_z_velocity: 20
22 max_z_accel: 300
23
```

printer.cfg

```
1 [mcu]
2 baud: 250000
3 serial: /dev/serial/by-id/usb-Prusa_Research__prusa3d.com_Original_Prusa_i3_MK3_CZPX1218X004XK53581-1f00
4
5 [mcu rpi]
6 serial: /tmp/klipper_host_mcu
7
8 [adxl345]
9 cs_pin: rpi:None
10
11 [resonance_tester]
12 accel_chip: adxl345
13 probe_points:
14     100,100,20 # an example
15
16 [printer]
17 kinematics: cartesian
18 max_velocity: 300
19 max_accel: 10000
20 max_accel_to_decel: 10000
21 max_z_velocity: 20
22 max_z_accel: 300
23
```

- ❗ Für die Messungen mit dem ADXL345 sind Änderungen in der Konfiguration erforderlich. Diese werden nach der Messung wieder zurückgenommen.
- Wir öffnen nun in Mainsail unter "Maschine" **printer.cfg** und geben folgende Zeilen ein: [mcu rpi] serial: /tmp/klipper\_host\_mcu [adxl345] cs\_pin: rpi:None [resonance\_tester] accel\_chip: adxl345 probe\_points: 100,100,20 # an example
- ❗ Orientieren Sie sich bei der Formatierung am abgebildeten Screenshot!
- Setzen Sie dann **max\_accel** und **max\_accel\_to\_decel** auf **10000** herauf.
- ⚠ Stellen Sie diese Werte nach der Messung unbedingt wieder auf die Normalwerte zurück oder verwenden Sie wieder die originale SD.
- Speichern Sie die Änderungen ab.

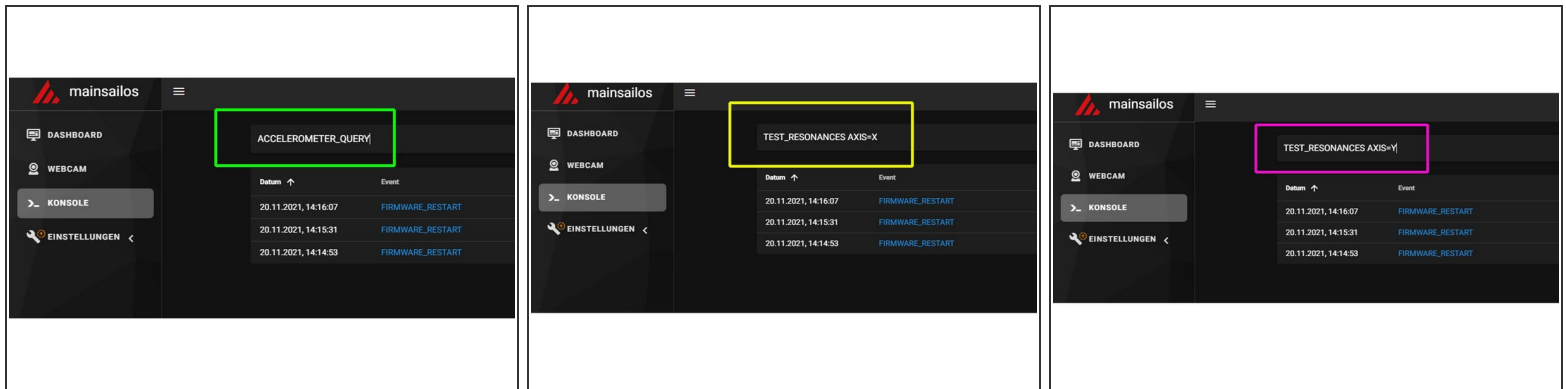


## Step 7 — Montage des ADXL345 auf X und Y



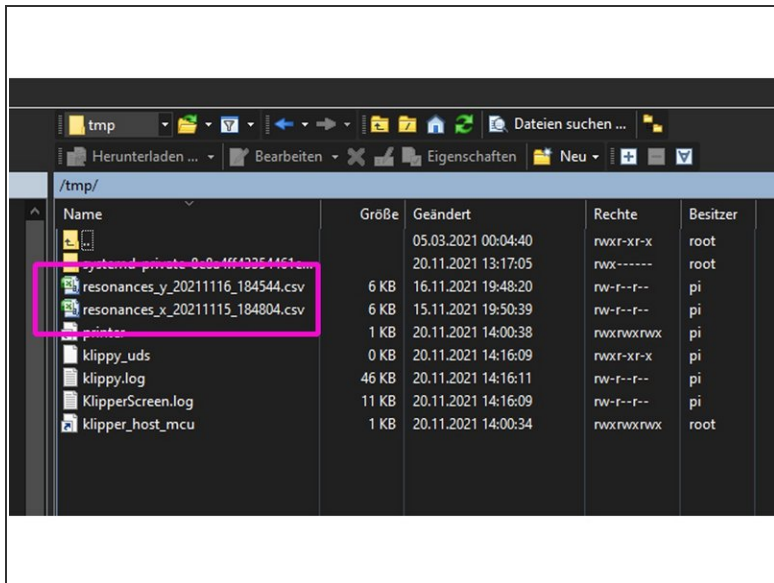
- Für die Messung auf der X-Achse benötigt man nicht zwingend eine Halterung für das ADXL345-Modul. Es kann auf dem Deckel des Filamentsensors mit der M3- Schraube fixiert werden.
  - ⓘ Evtl. muss eine etwas längere M3- Schraube verwendet werden.
  - Achten Sie darauf, dass die X-Achsenmarkierung auf dem Accelerometer auch tatsächlich parallel zur X-Achse ist. Das Modul muss gut fixiert sein!
- Für die Y- Achse verwenden wir die gedruckte Halterung. Fixieren Sie das Modul zunächst mit zwei kurzen M3- Schrauben. Klemmen Sie für die zweite Messung den Halter mit Modul an die Fronseite des Druckbettes (s. Foto).

## Step 8 — Die Resonanzmessung auf X und Y

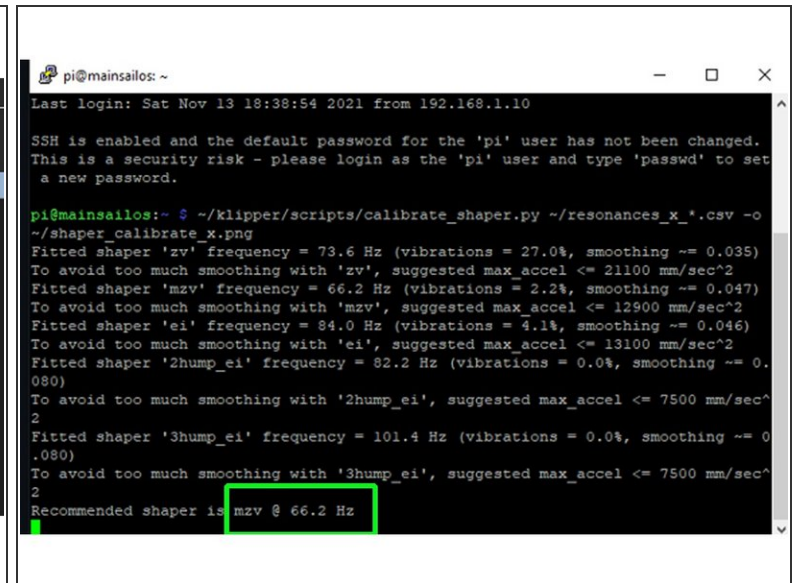


- Zunächst testen wir die Funktion des ADXL345. Dazu öffnen wir Mainsail, geben in der Konsole **ACCELEROMETER\_QUERY** ein und gehen auf **SENDEN**. Es sollten nun drei Werte angezeigt werden. Ist das nicht der Fall, prüfen Sie noch einmal die Verkabelung.
- War der Test erfolgreich, können wir mit **TEST\_RESONANCES AXIS=X** unsere Messung für die X-Achse starten.
  - ❗ Die Messung dauert ein paar Minuten und es wird mitunter recht laut. Lassen Sie den Drucker auf keinen Fall unbeaufsichtigt!!
- Wenn die Messung der X-Achse beendet ist, wird das ADXL345- Modul -wie zuvor beschrieben- am Heizbett montiert. Die zweite Messung starten wir mit **TEST\_RESONANCES AXIS=Y**

## Step 9 — Auswertung der Messung



Name	Größe	Geändert	Rechte	Besitzer
systemd-private-0c8c-Wf43354461...		05.03.2021 00:04:40	rw-r--r--	root
resonances_y_20211116_184544.csv	6 KB	20.11.2021 13:17:05	rw-r--r--	root
resonances_x_20211115_184804.csv	6 KB	16.11.2021 19:48:20	rw-r--r--	pi
printer	1 KB	20.11.2021 14:00:38	rw-r--r--	pi
klippy_uds	0 KB	20.11.2021 14:16:09	rw-r--r--	pi
klippy.log	46 KB	20.11.2021 14:16:11	rw-r--r--	pi
KlipperScreen.log	11 KB	20.11.2021 14:16:09	rw-r--r--	pi
klipper_host_mcu	1 KB	20.11.2021 14:00:34	rw-r--r--	root




```

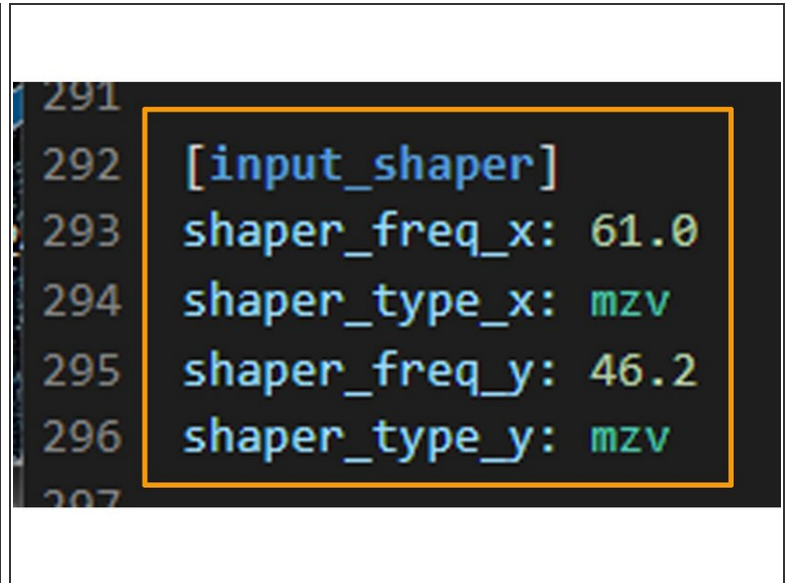
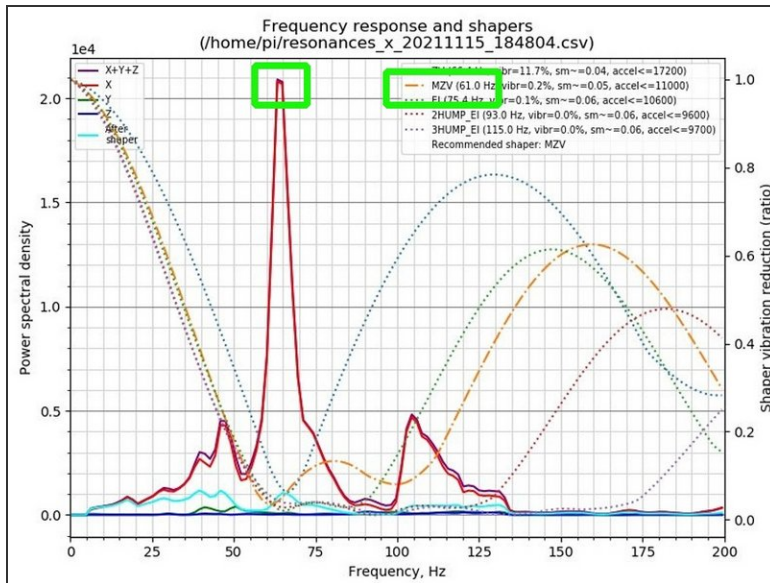
pi@mainsailos: ~
Last login: Sat Nov 13 18:38:54 2021 from 192.168.1.10

SSH is enabled and the default password for the 'pi' user has not been changed.
This is a security risk - please login as the 'pi' user and type 'passwd' to set
a new password.

pi@mainsailos:~$ ~/klipper/scripts/calibrate_shaper.py ~/resonances_x_*.csv -o
~/shaper_calibrate_x.png
Fitted shaper 'zv' frequency = 73.6 Hz (vibrations = 27.0%, smoothing ~= 0.035)
To avoid too much smoothing with 'zv', suggested max_accel <= 21100 mm/sec^2
Fitted shaper 'mzv' frequency = 66.2 Hz (vibrations = 2.2%, smoothing ~= 0.047)
To avoid too much smoothing with 'mzv', suggested max_accel <= 12900 mm/sec^2
Fitted shaper 'ei' frequency = 84.0 Hz (vibrations = 4.1%, smoothing ~= 0.046)
To avoid too much smoothing with 'ei', suggested max_accel <= 13100 mm/sec^2
Fitted shaper '2hump_ei' frequency = 82.2 Hz (vibrations = 0.0%, smoothing ~= 0.
080)
To avoid too much smoothing with '2hump_ei', suggested max_accel <= 7500 mm/sec^
2
Fitted shaper '3hump_ei' frequency = 101.4 Hz (vibrations = 0.0%, smoothing ~= 0
.080)
To avoid too much smoothing with '3hump_ei', suggested max_accel <= 7500 mm/sec^
2
Recommended shaper is mvz @ 66.2 Hz
  
```

- Wir öffnen nun das Tool Win SCP und navigieren zum Ordner **tmp** im Hauptverzeichnis. Dort sollten sich nun zwei csv- Dateien befinden.
- Diese beiden Dateien kopieren wir mit WinSCP sicherheitshalber auf unsere Festplatte, da der Ordner **tmp** beim shutdown des PI gelöscht wird.
- Wir gehen wieder in das Putty- Terminal und geben folgende Zeile ein:  
`~/klipper/scripts/calibrate_shaper.py ~/resonances_x_*.csv -o ~/shaper_calibrate_x.png` Das Script führt nun ein paar Berechnungen aus und schlägt am Ende einen shaper- Typ und eine Frequenz vor.
  -  Klipper unterstützt mehrere shaper. Empfohlen werden zumeist **MZV** oder **EI**. Andere shaper arbeiten aggressiver. Dabei wird zwar mehr ringing eliminiert aber dafür werden Kanten unschärfer bzw. leicht rund gedruckt.
- Für die Y- Achse gehen wir analog vor. Die Eingabe lautet: `~/klipper/scripts/calibrate_shaper.py ~/resonances_y_*.csv -o ~/shaper_calibrate_y.png`

## Step 10 — Übernahme der shaper in printer.cfg



- Wenn wir nun in WinSCP noch einmal den Ordner **tmp** öffnen, sollten dort zwei Grafiken im Format \*.png hinzugekommen sein.
- Die Grafiken können mit Windows- Tools geöffnet werden. Im abgebildeten Screenshot ist die grafische Auswertung für "X" dargestellt". Der empfohlene shaper **MZV** korreliert mit dem Peak der X- Kurve.
- ⓘ Der MZV- shaper in der abgebildeten Grafik weicht von der shaper- Empfehlung aus step 9 etwas ab (66.2Hz vs. 61.0Hz), da es sich hier um eine andere Messung mit anderem Setup handelt.
- Wir öffnen in Mainsail unter "Maschine" **printer.cfg** und fügen die vorgeschlagenen shaper und Frequenzen unter **[input\_shaper]** in unsere Konfiguration ein und speichern diese.
- Wir können nun den Drucker und den Pi ausschalten, das ADXL345 Modul vom Heizbett lösen und die Dupontkabel vom Pi abziehen. Wenn sich etwas am Setup des Druckers ändert oder der Drucker versetzt wird, sollte eine neue Messung vorgenommen werden.

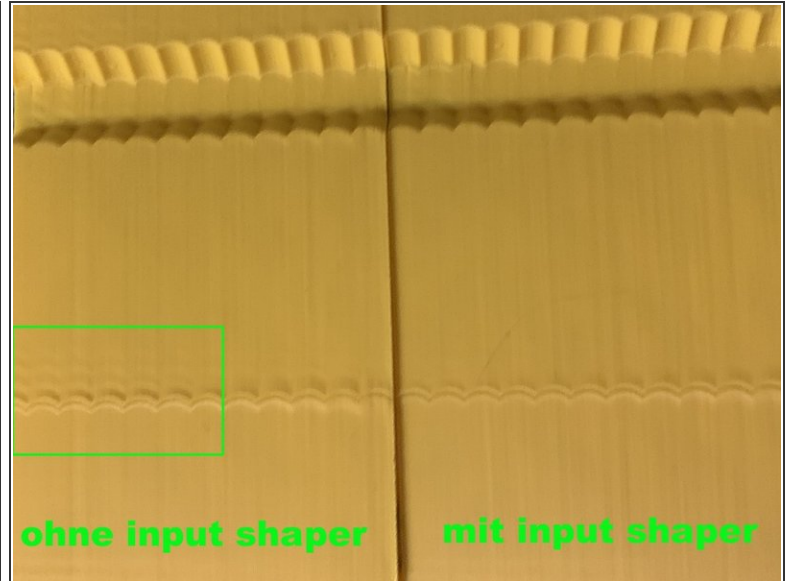
## Step 11 — Testmodell- Druck

### Tuning

Basic tuning requires measuring the ringing frequencies of the printer and adding a few parameters to `printer.cfg` file.

Slice the ringing test model, which can be found in `docs/prints/ringing_tower.stl`, in the slicer:

- Suggested layer height is 0.2 or 0.25 mm.
- Infill and top layers can be set to 0.
- Use 1-2 perimeters, or even better the smooth vase mode with 1-2 mm base.
- Use sufficiently high speed, around 80-100 mm/sec, for **external** perimeters.
- Make sure that the minimum layer time is **at most** 3 seconds.
- Make sure any "dynamic acceleration control" is disabled in the slicer.
- Do not turn the model. The model has X and Y marks at the back of the model. Note the unusual location of the marks vs. the axes of the printer - it is not a mistake. The marks can be used later in the tuning process as a reference, because they show which axis the measurements correspond to.



- Unter <https://www.klipper3d.org/prints/ringing...> kann ein Testmodell für das input shaper- Tuning heruntergeladen werden. Beachten Sie die slicer- settings (s. Screenshot) und deaktivieren Sie vor dem Druck PA durch Eingabe von **SET\_PRESSURE\_ADVANCE ADVANCE=0** in der Mainsail-Konsole.
- Auf dem linken Modell (ohne shaper gedruckt ) ist das ringing gut zu erkennen, rechts (mit shaper) sieht es diesbezüglich deutlich besser aus :-)



## Step 12 — Troubleshooting

### ! Klippy-Status: shutdown

MCU 'rpi' error during config: Unable to open spi device

Once the underlying issue is corrected, use the

"FIRMWARE\_RESTART" command to reset the firmware, reload the config, and restart the host software.  
Error configuring printer

↻ NEUSTART

↻ FIRMWARE NEUSTART

- Mitunter kommt die abgebildete Fehlermeldung. Hier liegt dann oft ein Konflikt vor, wenn z.B. Touchscreen- Treiber auf die SPI Schnittstelle zugreifen. Lösung: Wir öffnen via **sudo nano /boot/config.txt** die Bildschirmkonfiguration, setzen vor **dtoverlay** ein Rautezeichen und speichern ab. Nach einem Reboot sollte der Fehler behoben sein.
- ① Für die Messungen benötigen wir das Display nicht. Nach erfolgter Messung kann **dtoverlay** wieder aktiviert werden.