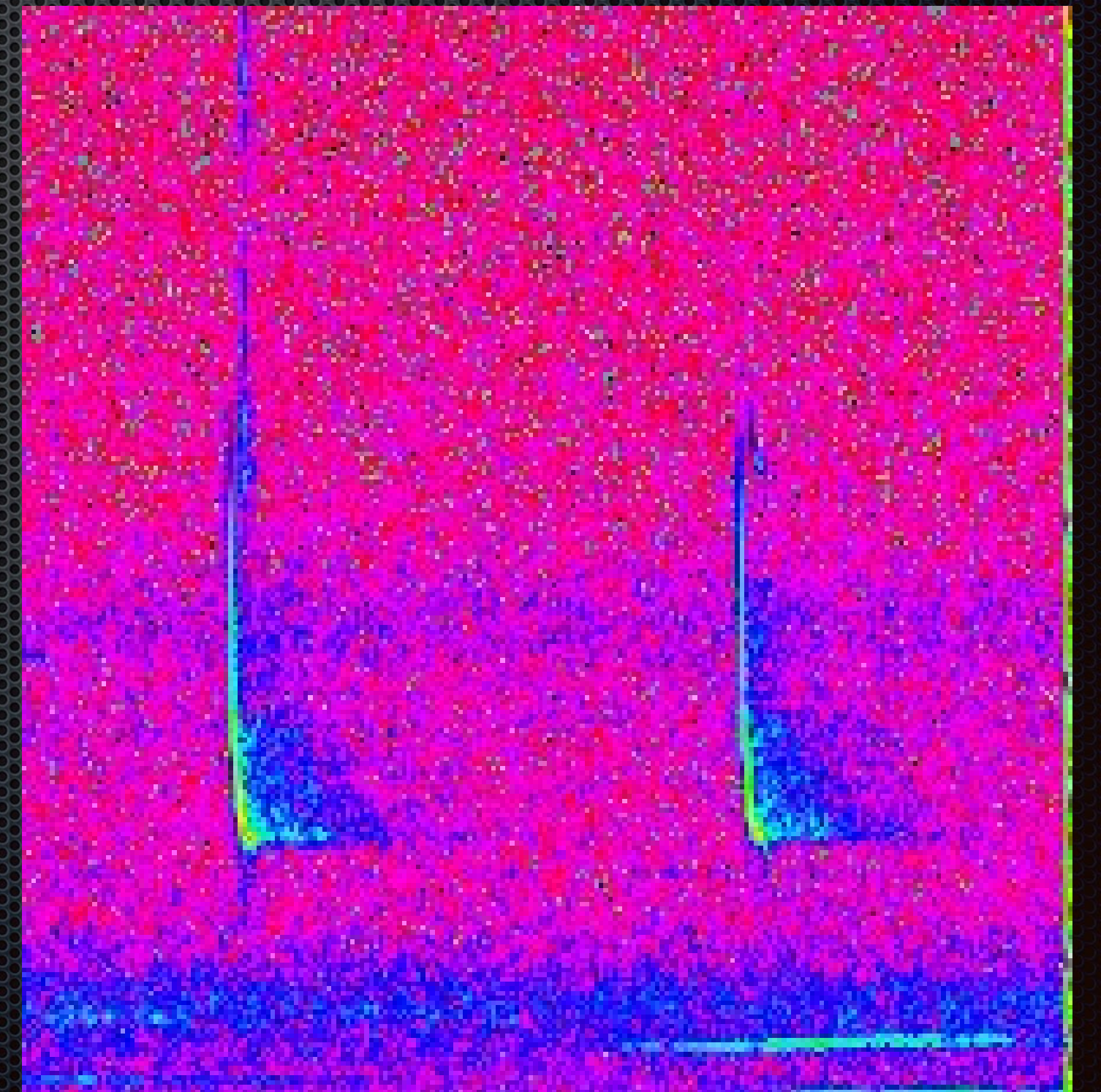


Dr. Olaf Flebbe

Fledermäuse und C Programmieren neu entdeckt

Bonner Arbeitskreis für Fledermausschutz, 2.10.24



About me

PhD in computational physics
(Theor. Astrophysik Tübingen)

Former projects: Minix68k (68k
FP Emulation), Linux libm.so.5
(High Precision FP), perl and
python for epoc, flightgear,
msktutil

Member Apache Software
Foundation, PMC Apache Bigtop

Lead Developer/System
Specialist
Bosch eBike



Motivation



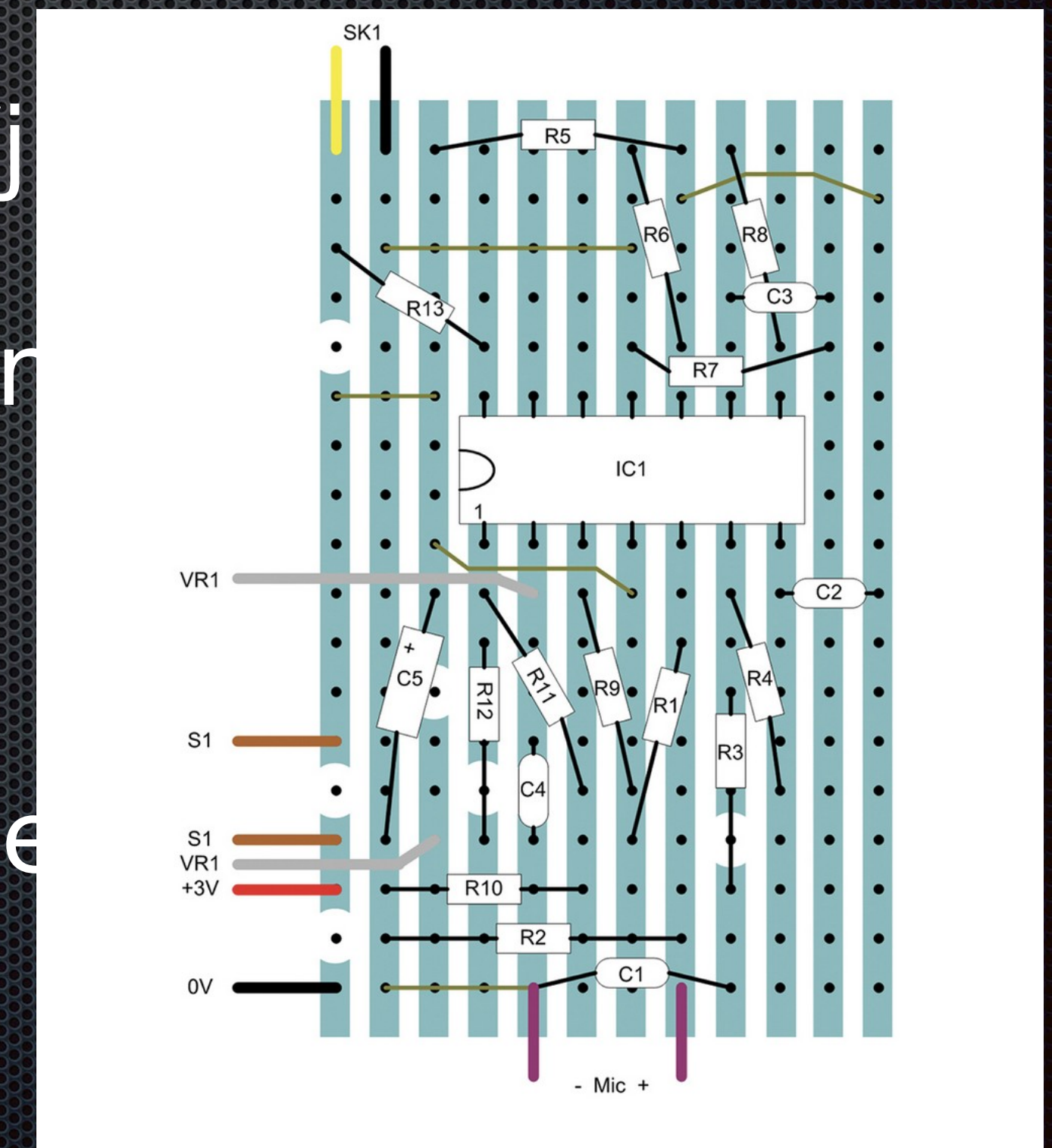
- Habe professionelles Fledermausdetektoren gesehen/gehört
- „Das kann doch nicht so schwer sein“

Recap

- Fledermäuse können im Ultraschallbereich (20kHz – 200kHz) rufe aussenden, die spezifisch für die jeweilige Art sind
- Detektoren sind entweder Heterodynverstärker (Hörbar machen mit Differenz eines Referenzsignal) oder Spektralanalysatoren (Frequenzverlauf/Umfang sichtbar machen)

Erster Versuch

- <https://www.nutsvolts.com/magazine/article/j>
- Zum ersten mal von einem Heterodynverstärker gehört
- Hat nie funktioniert
Probleme: Ohne Oszilloskop nicht zu debuggen
Breadboard plan ist fehlerhaft
stimmt nicht mit Schaltung überein




Learning Versuch 1

- Learnings: Lochstreifen Platinen statt Breadboard
- Man braucht ein Oszilloskop
- Mikro ist nicht so einfach wie dargestellt:
einfach Piezo Lautsprecher ausprobieren

Zweiter Versuch: Heterodynverstärker

- Von ELV Final zusammenlöten
- Hat auf Anhieb funktioniert
- MEMS Mikro auch einzeln bestellbar


ELV Bausatz Fledermaus-Detektor FMD1



BAUSATZ

Mikroton
min. max. Lautstärke
20kHz - 80kHz Frequenz
Ein
Ein/Aus Auto-Aus

FLEDERMAUS DETEKTOR
ELV FMD1



39,95 €
inkl. MwSt.
ggf. zzgl. Versandkosten

sofort versandfertig Lieferzeit: 1-2 Werktage²

1 [In den Warenkorb](#)

Bezahlen Sie nach 30 Tagen. [Mehr erfahren](#)

[Vergleichen](#) [Merken](#) [ELV Agent inaktiv](#)

★★★★☆ (8)

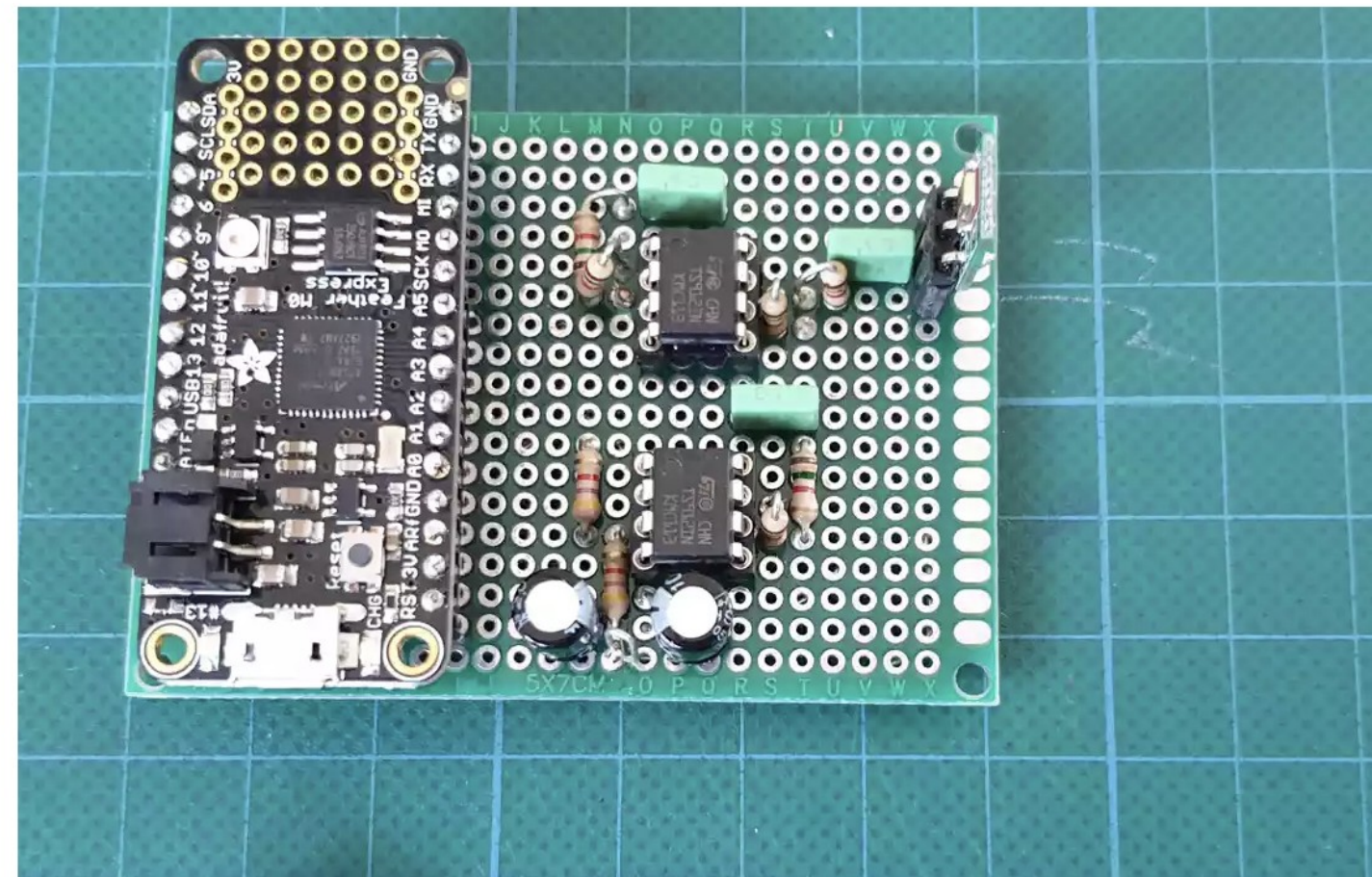
Artikel-Nr. 151462
EAN: 4047976514625

Steigen Sie ein in die Welt der sonst nicht hörbaren Ultraschallsignale!

Dritter Anlauf

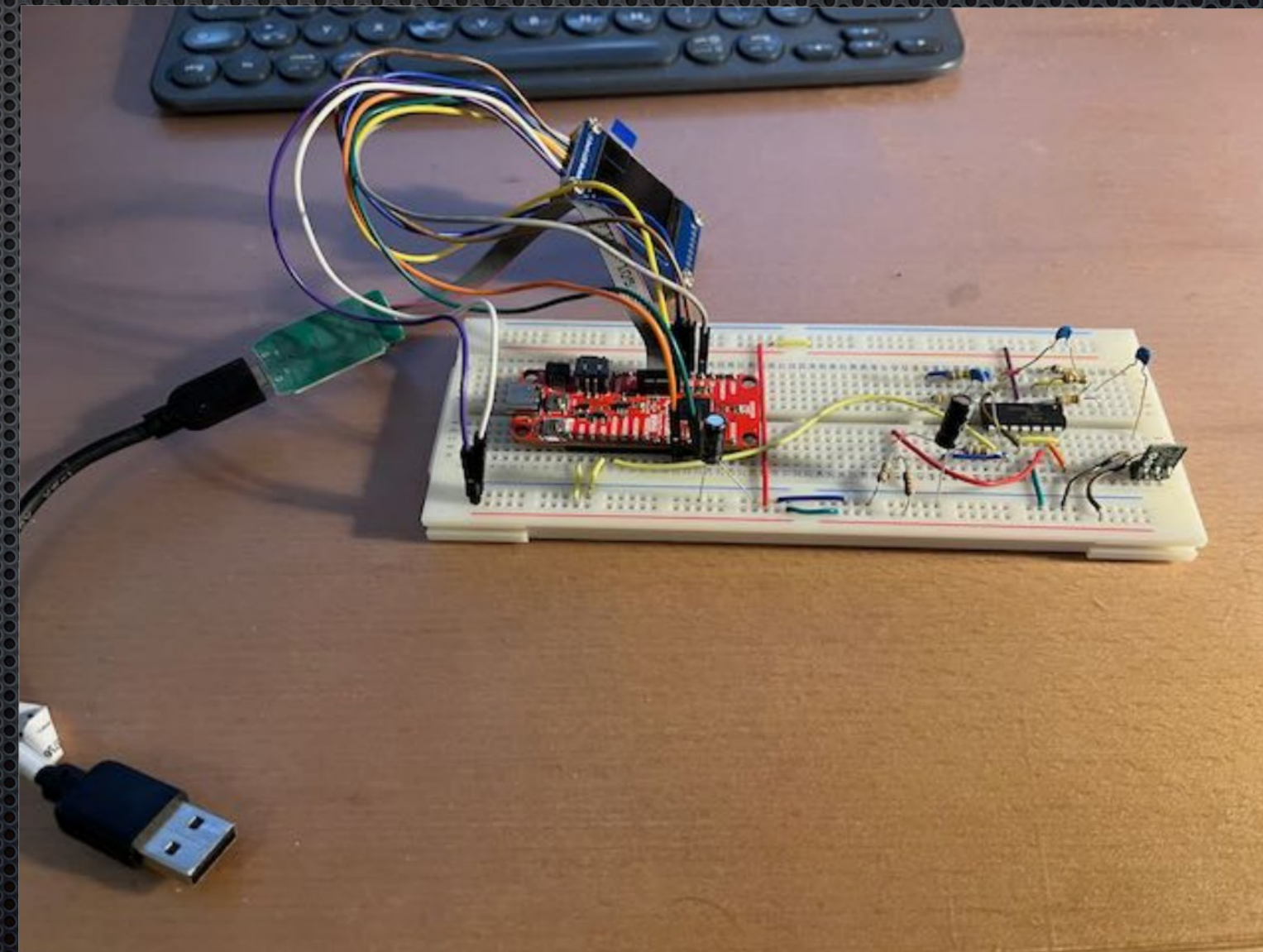
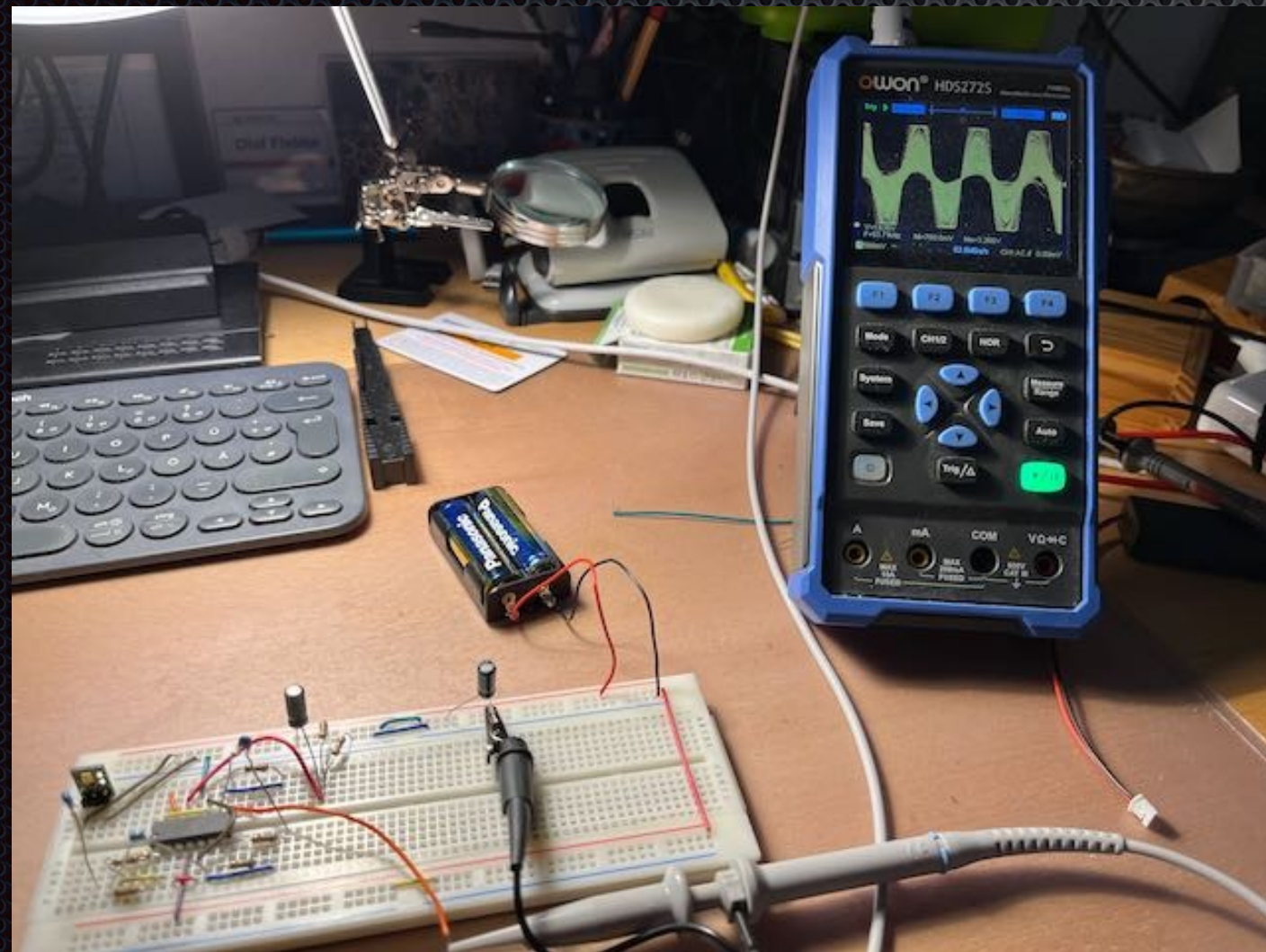
- Make Magazin 6/2020 , 4/2021

terfahrung.



Dritter Anlauf

- Ein verständliche Schaltung aus 2 Opverstärkern (Quark: geht auch mit 1 doppelten)
- Verwendet das ELV MEMS Micro
- Arduino Software



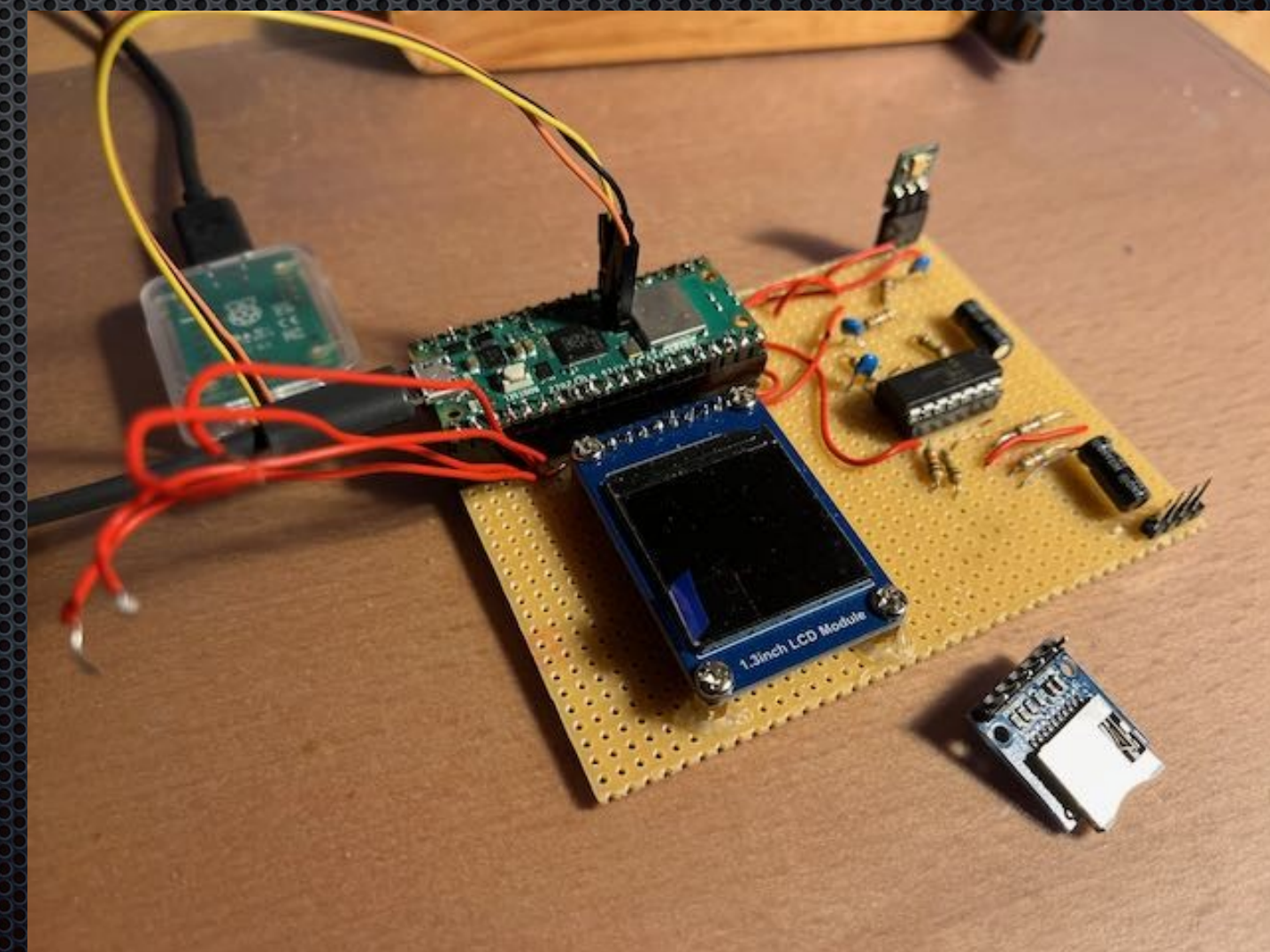
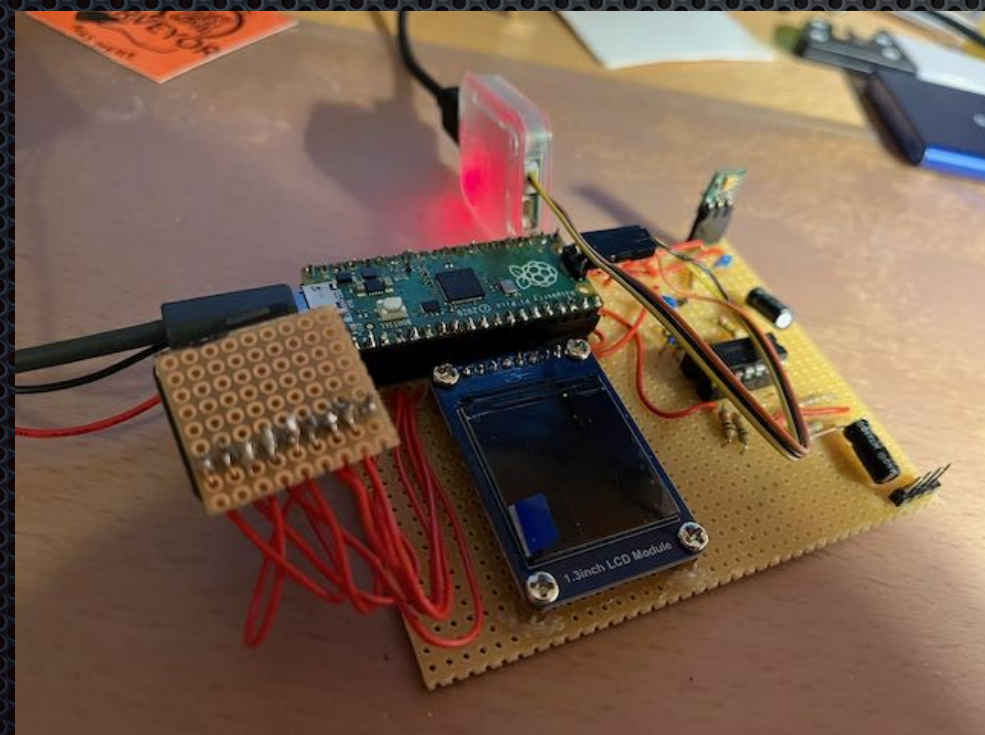
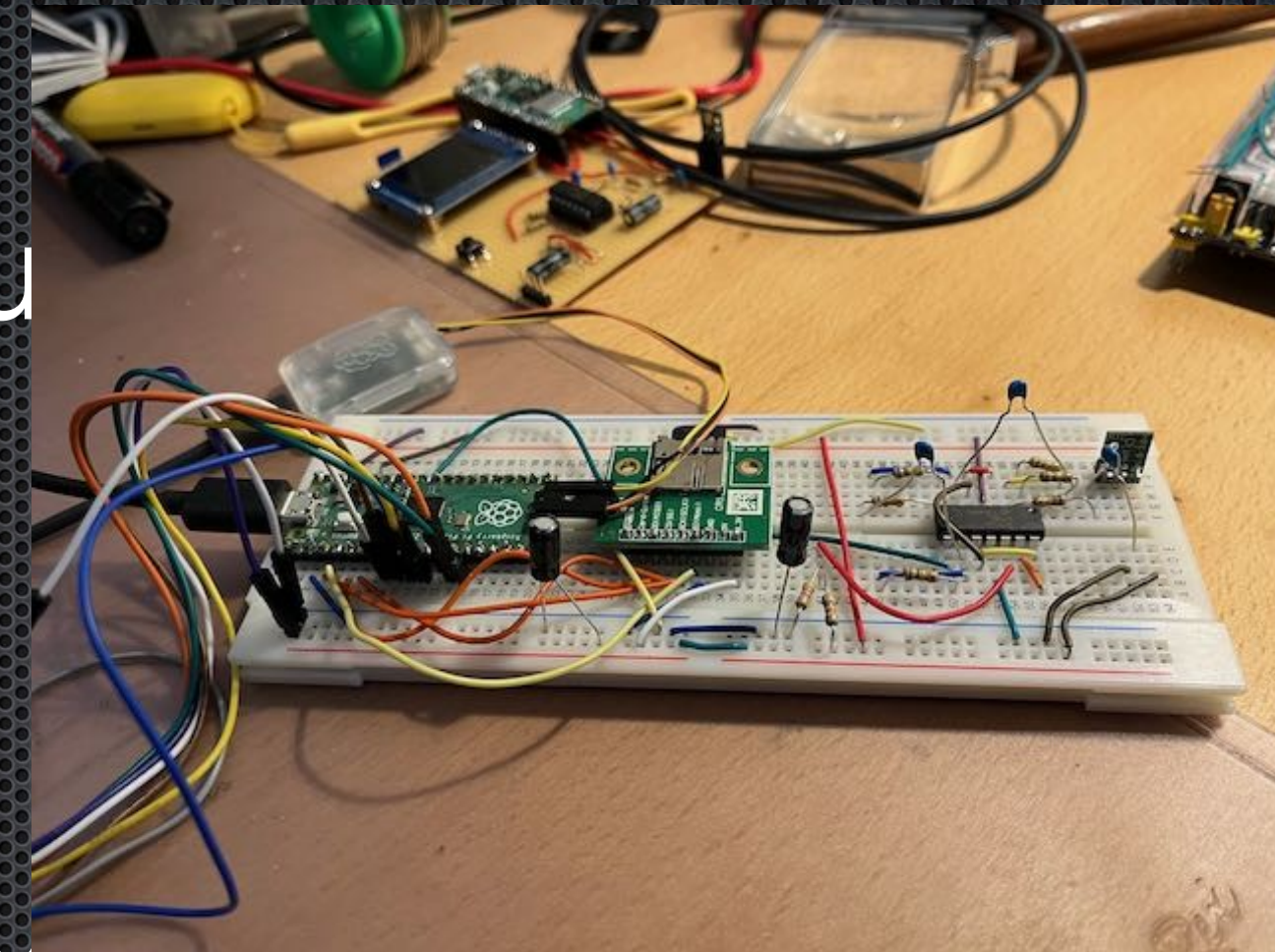
Dritter Anlauf

- Auf Breadboard aufgebaut: Da kommt was
- Lochstreifen Board geplant und bestückt
- Mit rp2040 Microcontroller
- Da geht was
- Dann aus vorherigem Projekt st7789 Display dazu
- Spektrum (Februar 2024)

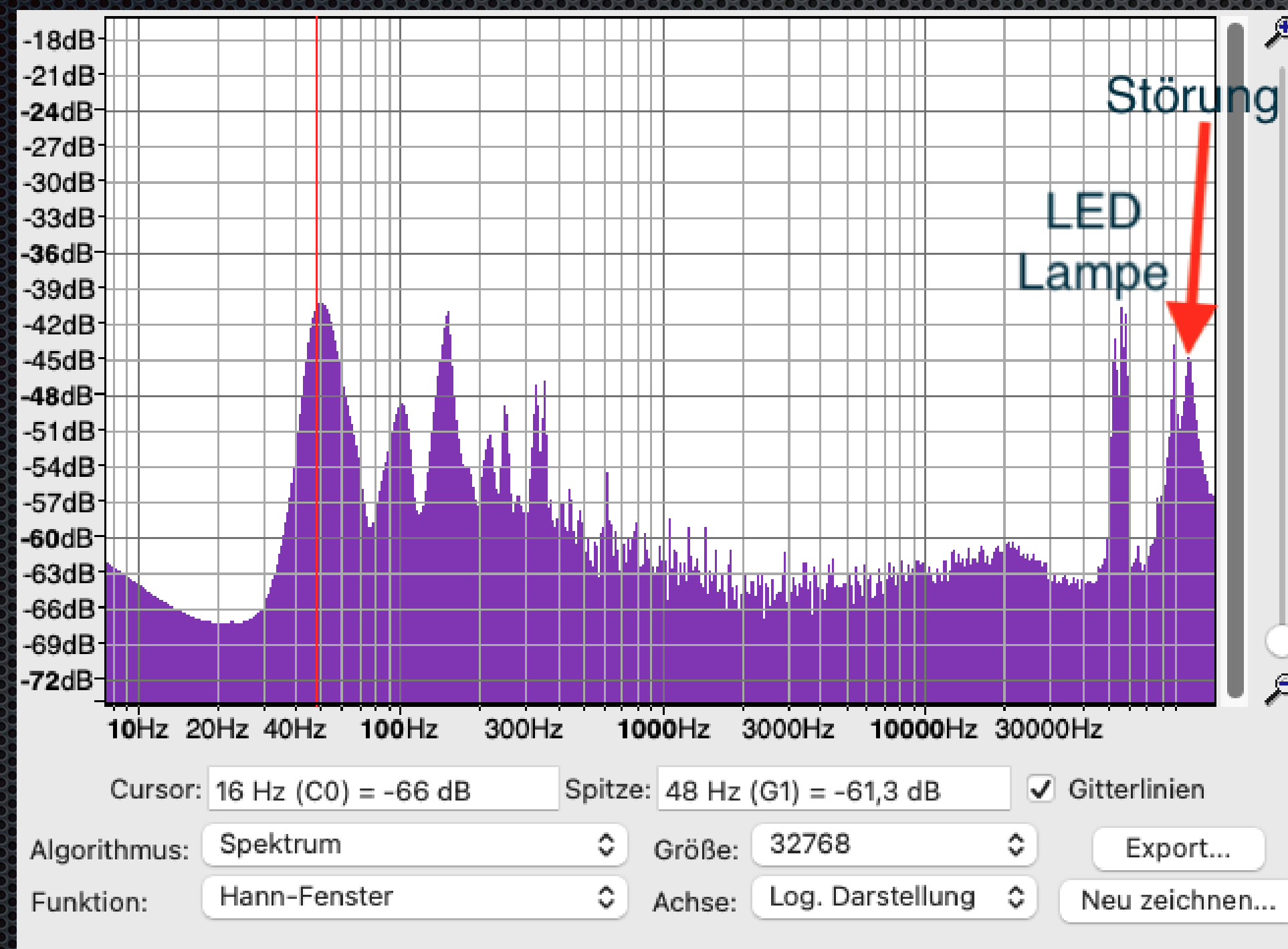


Verfeinerung (?)

- Sdcard zum Datenloggen mit SPI Bus
- Billig SDCard
 - Nochmal am Breadboard aufgebaut...
 - Katastrophale Störungen

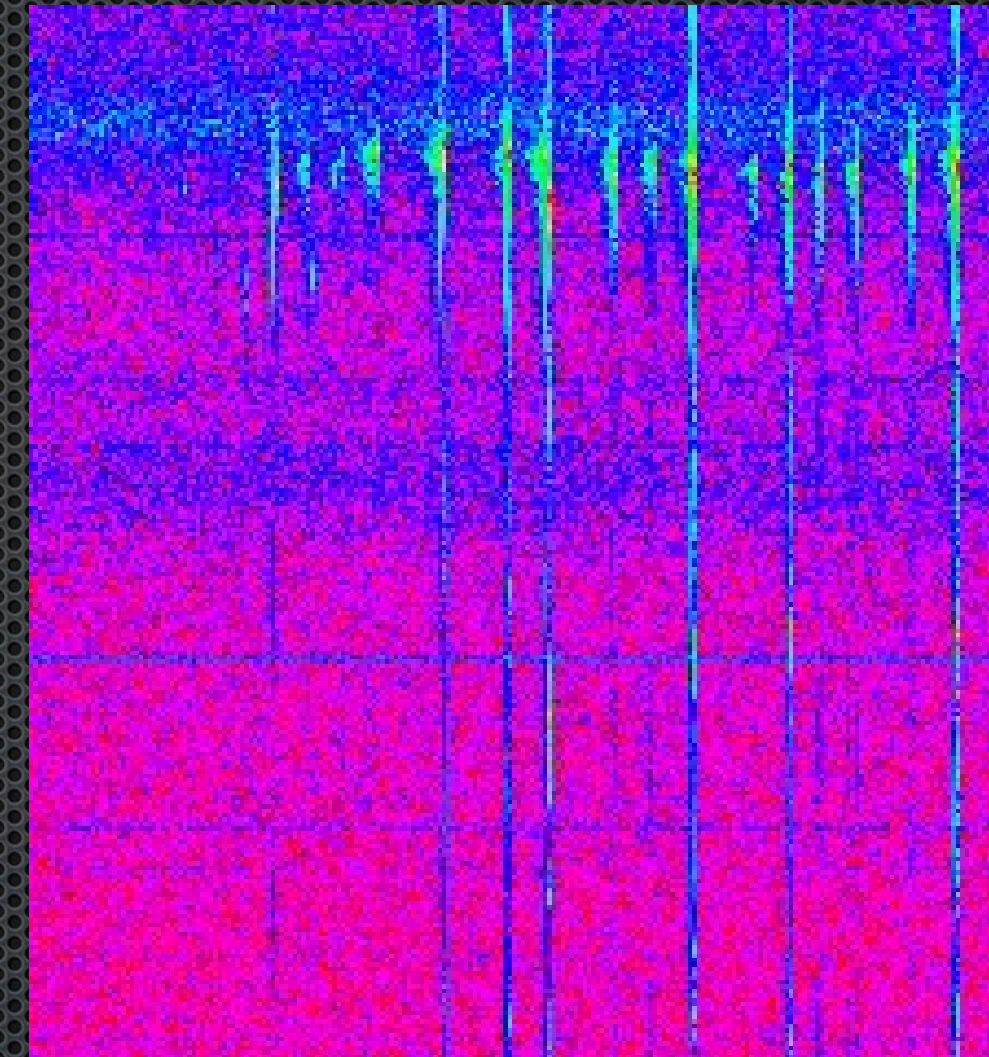
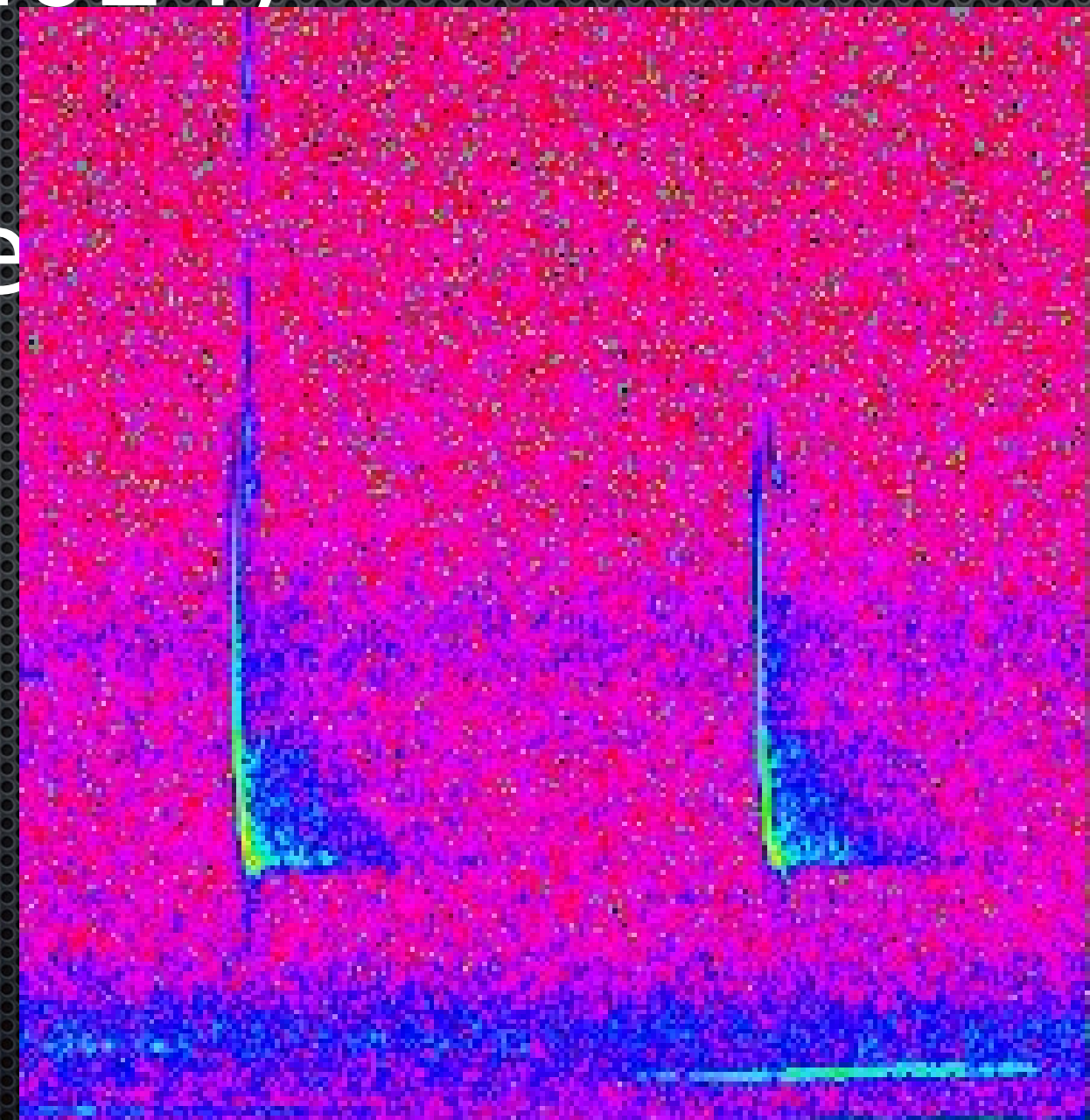


Analyse mit Audacity



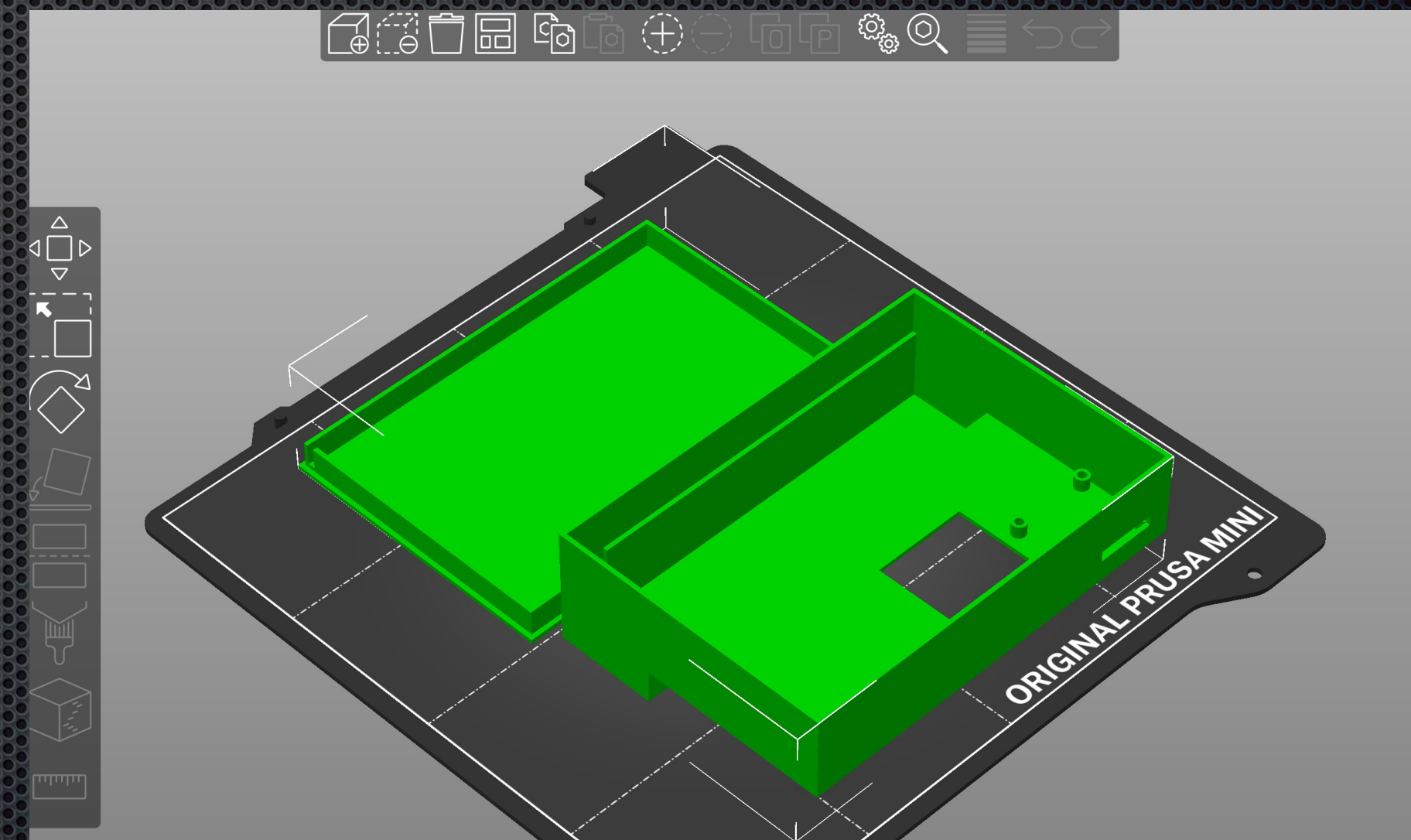
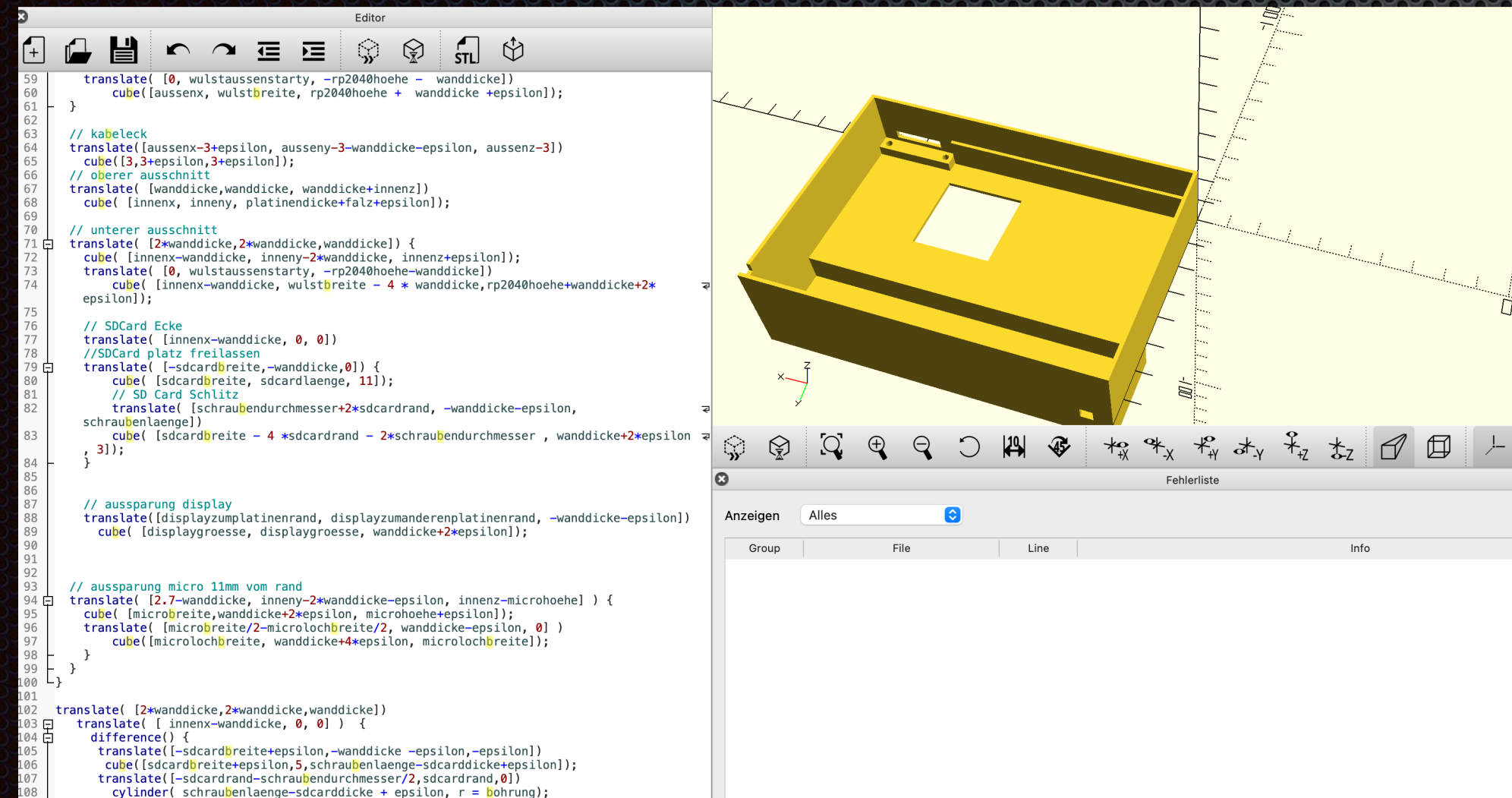
Knoten Löst sich

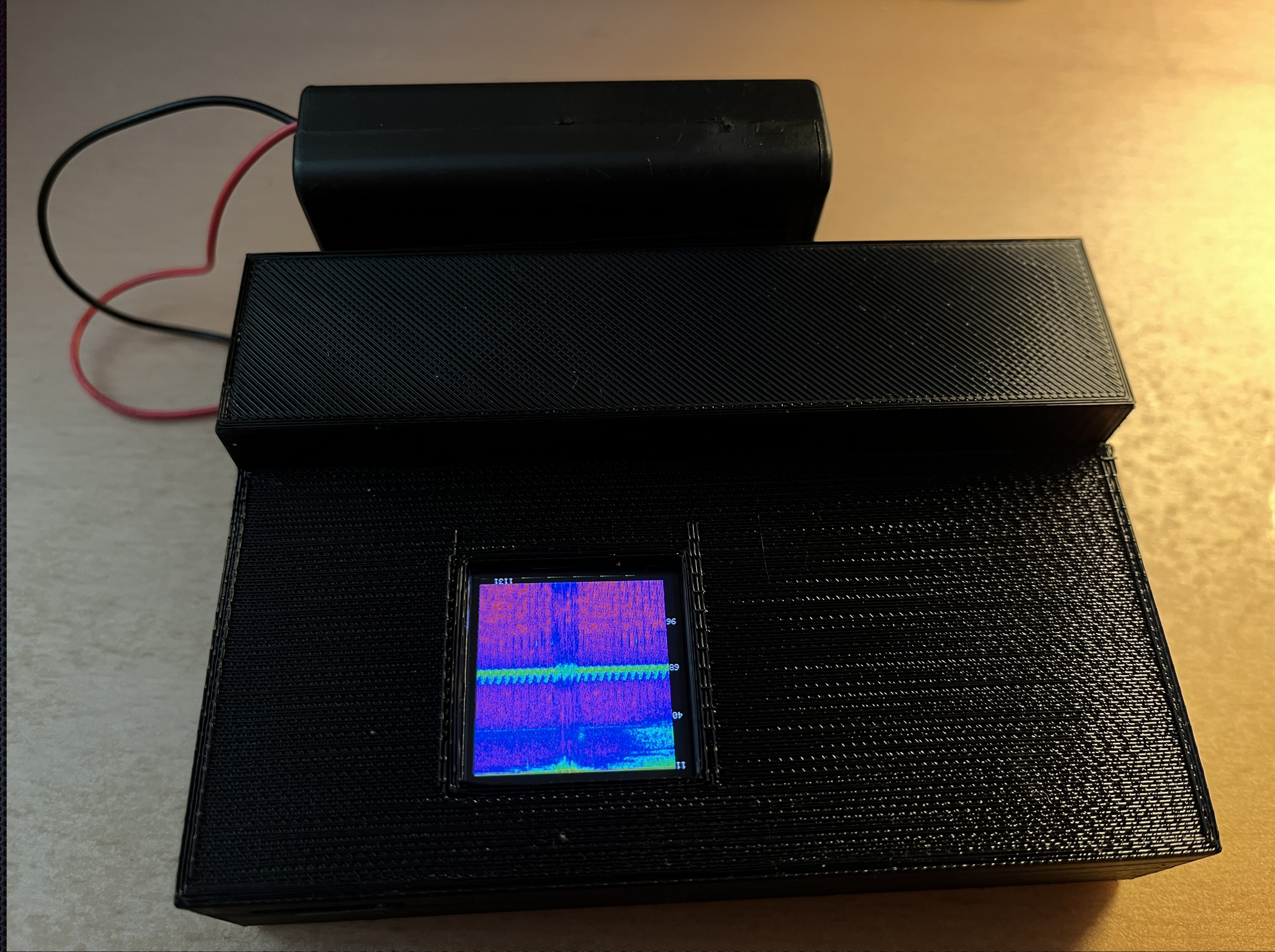
- Erstes Spektrogramm (Ende März)
- SDIO Karteninterface
- Verbessert (April 2024)
- Zwergfledermäuse



Sidequest

- OpenSCAD / Slic3r





Microcontroller



- Was unterscheidet Microcontroller von einer CPU / Prozessor (zB Intel/AMD)?
 - Er ist viel billiger (5 EUR statt 100 EUR)
 - Wenig RAM Arbeitsspeicher (~~256 kB~~) (520kB) auf dem Chip
 - Keine virtuelle Speicherverwaltung, keine spezial Befehle für Grafik, Numerik
 - GPIO, PWM, SPI, I2C, DMA
 - Brauchen kein Betriebssystem, deswegen Echtzeit / exaktes Timing einfacher

Display ST7789 / LCD Module : Waveshare

The screenshot shows the Waveshare website's product page for a 1.54-inch LCD module. The page features a navigation bar with the Waveshare logo and menu items like HOME, PRODUCTS, PAYMENT, SHIPPING, WIKI, SUPPORT, and IC NEW. A search bar and a shopping cart icon are also present. The breadcrumb trail reads: Home > Displays > LCD > 0.9" - 2.4" > 18079. On the left, a 'PRODUCTS' sidebar lists various categories such as Raspberry Pi, AI, RISC-V, Linux Computer, Displays (highlighted), IoT / Communication, Misc Modules, Robotics, Arduino-Related / Nucleo, micro:bit, MCU / ARM, FPGA, and Sockets / Adapters. The main content area displays the product title: '240x240, General 1.54inch LCD Display Module, IPS, 65K RGB'. Below the title, it lists the SKU (18079), Part Number (1.54inch LCD Module), and Brand (Waveshare). The price is shown as \$9.49, with a quantity selector set to 1 and an 'ADD TO CART' button. A table below the price shows bulk pricing: \$9.09 for 10+ units, \$8.89 for 50+ units, and \$8.81 for 100+ units. A 'Related Products' section is partially visible at the bottom.

WAVESHARE
share awesome hardware

HOME PRODUCTS PAYMENT SHIPPING WIKI SUPPORT IC **NEW**

Search here 0 ITEM(S) - \$0.00

Home > Displays > LCD > 0.9" - 2.4" > 18079

PRODUCTS

- Raspberry Pi
- AI
- RISC-V
- Linux Computer
- Displays**
- IoT / Communication
- Misc Modules
- Robotics
- Arduino-Related / Nucleo
- micro:bit
- MCU / ARM
- FPGA
- Sockets / Adapters

240x240, General 1.54inch LCD Display Module, IPS, 65K RGB

SKU: 18079
Part Number: 1.54inch LCD Module
Brand: Waveshare

\$9.49 1

| | |
|-------------------|------|
| \$9.09 | 10+ |
| \$8.89 | 50+ |
| \$8.81 | 100+ |

Related Products:

This block summarizes the key specifications of the LCD module in a grid format. Each specification is represented by an icon, a label, and a value.

| | | |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Size 1.54" | Resolution 240x240 | Display Color 65K RGB |
| Display Panel IPS | Interface SPI | Driver ST7789 |

SDK Tooling

- rPI Toolchain (PICO_SDK)
- Update: VS Code Plugin
- Cmake
- Controller als USB Storage uf2 Datei kopieren fertig

Speichermanagement

- ~~256kB RAM~~ 512kB RAM
- ADC 12Bit (16Bit/ 2Byte) : Mindestens 250kHz Abtastrate
- => 500 kByte/sec 0.5 sec → Speicher voll
Brauche den Speicher 2x → 0.2 sec

st7789 Treiber

- Keinen fertigen Treiber gefunden
- Gestartet mit einem micropython SPI C Treiber
https://github.com/devbis/st7789_mpy/tree/master
- Dann micropython layer entfernt
- DMA Support hinzugefügt, vereinfacht

SPI

- Serial Peripheral Interface
- Interface MCU <-> st7789
- Tut aus der Schachtel ([link](#))

PIO Programmable I/O

- MCU Bit Bang Problemen: Ein Protokoll im korrekten Timing sprechen.
- Unter Linux ist das besonders schwer
- Wird aber zu einem Problem wenn man nebenbei noch was anderes tun muss
- Kleine Programme die Input und Output Übernehmen

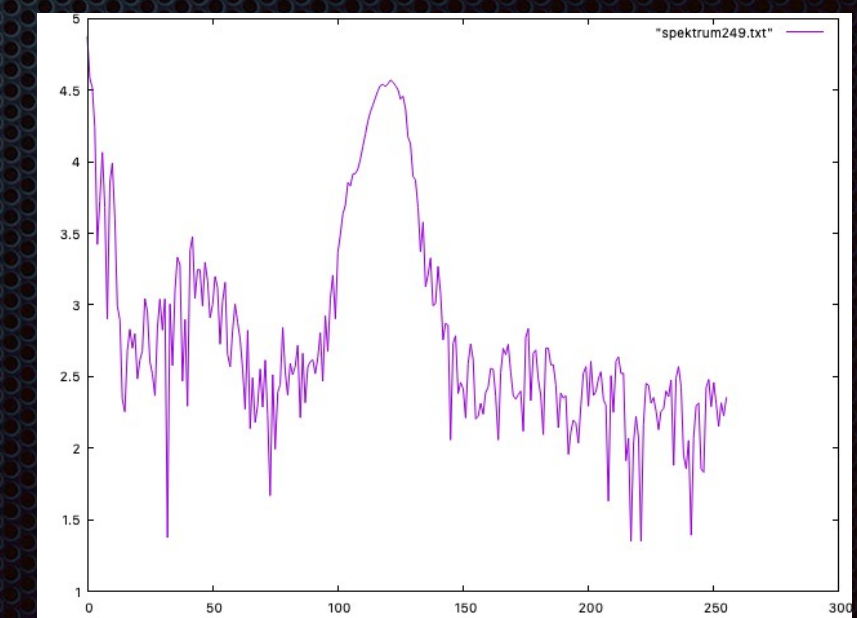
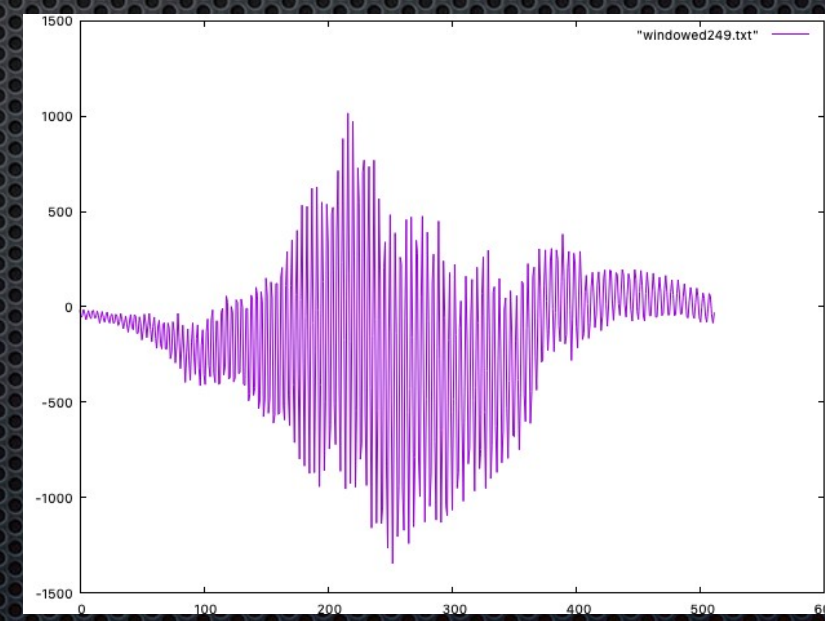
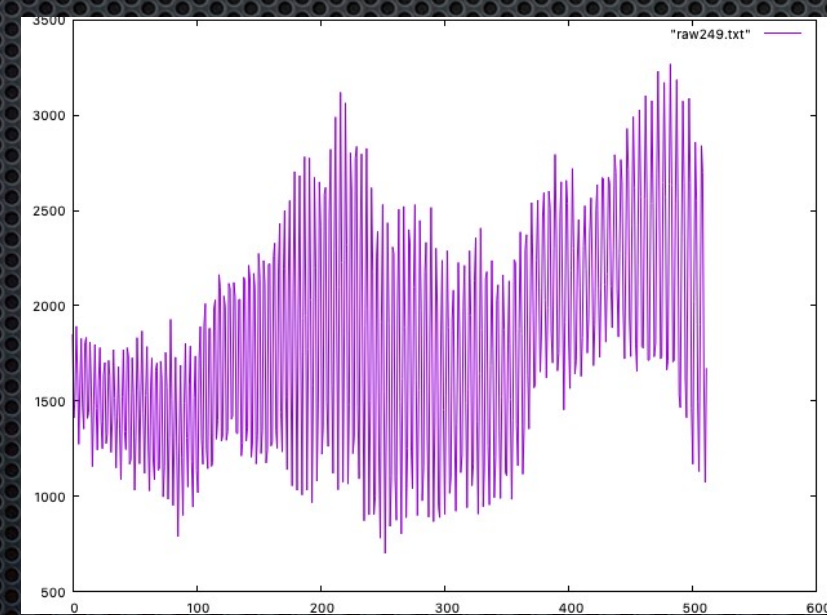
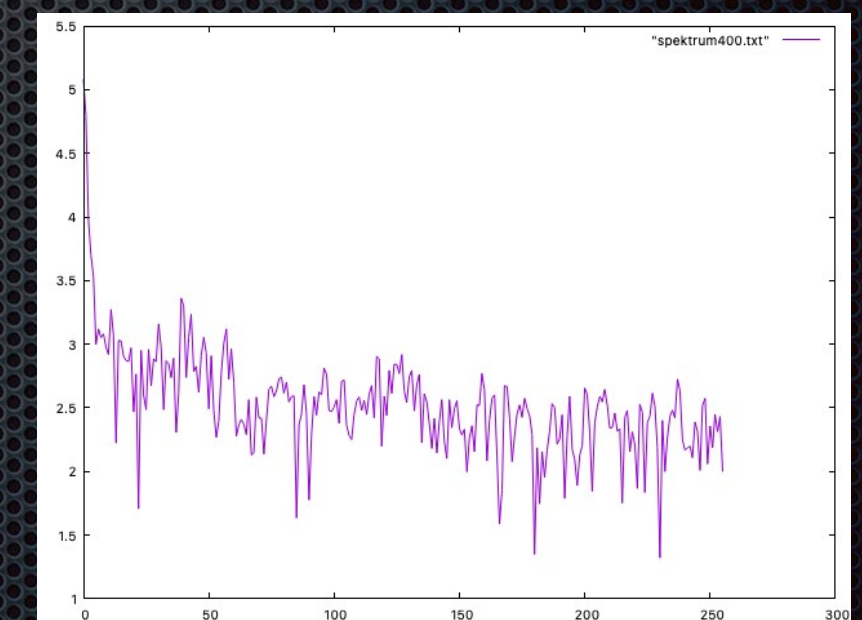
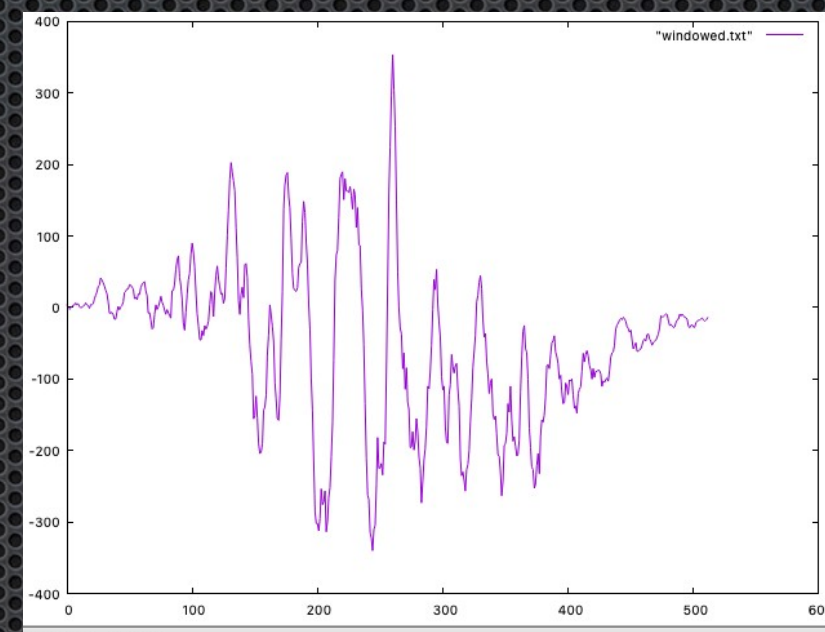
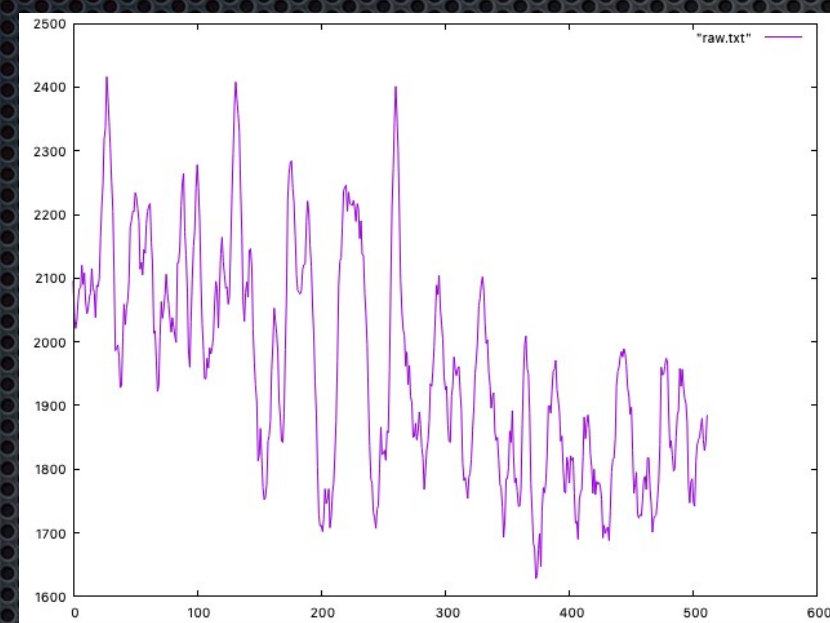
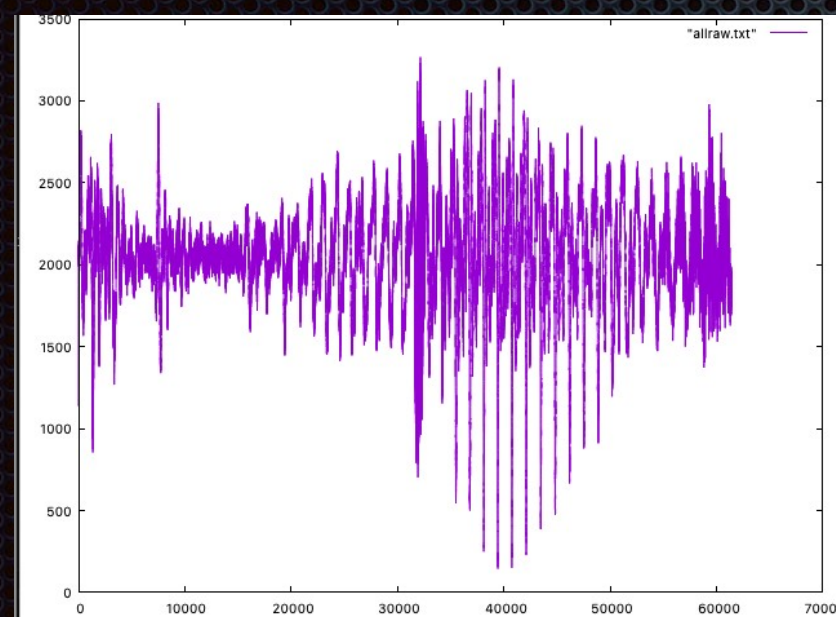
Microcontroller Tricks

- DMA für ADC (effektiv kann die MCU drauf warten)
- DMA, PIO für SPIO ([no-OS-FatFS-SD-SDIO-SPI-RPi-Pico](#))
- DMA für SPI (st7789) (Bildschirm übertragen)
- Multicore: FFT

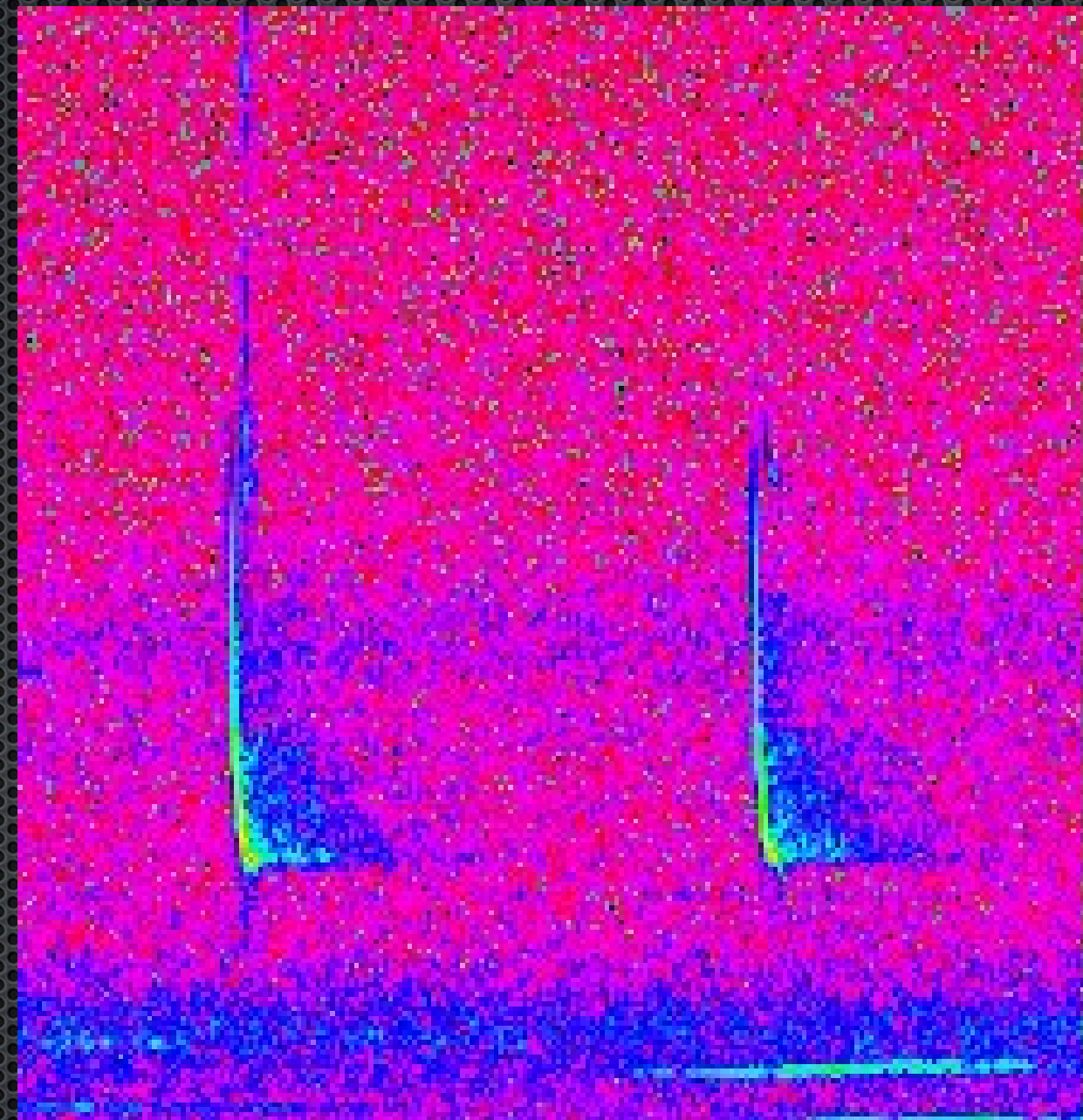
Signalverarbeitung

- 12 Bit Daten (0 – 4096)
- 512 Werte auswählen
- 512 real FFT
- Hamming Window
- Spektrogramm
- Logarithmisch darstellen

Signalverarbeitung



HSL Farbraum-Kodiert
(und C Programmierfehler am rechten Bildrand)



K(r)ampf der Programmiersprachen

- Bis etwa 2000 viel C, C++ privat, früher Uni und g'schäftlich
- Seit (ungefähr) 2000 java, python, C#, go, (rust)
- Heute „Memory safe“ Programmiersprachen Hype
- Was nehme ich hier nur ?

C++ sucks

- Jeden Hype in Sprachstandard aufgenommen
 - Coroutinen, Concepts, Lambda, Template Meta programming, Attributes
- Aber Memory Safety trotzdem nicht implementiert
(Herb Sutter / Stroustrup: Subset of Superset needed)
- Really?

(embedded) Rust

- Eigentlich eine ganz nette Sprache, aber:
 - (im Januar 2024) DMA ist nicht standardisiert worden, habe SPI treiber nicht verstanden
 - Fehlende Treiber: Müsste die HW viel tiefer verstehen um hier weiterzukommen
(next Rabbit Hole)

Go/Tinygo

- Eigentlich eine ganz nette Sprache, aber:
 - Kein const ausser für Strings (Problem für Embedded, ROM Daten)
 - DMA support kaum vorhanden
 - Kein Multicore support
 - Escape Analysis muss sehr oft geholfen werden (ansonsten GC),
 - Attributierung der Funktionen nicht dokumentiert
 - Fehlende Treiber: Müsste die HW viel tiefer verstehen um hier weiterzukommen
(next Rabbit Hole)

C wiederentdeckt

- DMA ist halt unsafe
- Back to the roots feeling

Nice C11/C17, C hat sich weiterentwickelt!

- Structs (zusammen mit compound literals) verhalten sich wie Value Types, „Zero has a meaning“ (Achtung Stackoverflow!)
- Const , bool
- Tagged Union / Sum Types (Anonymous structs)
- Complexe Arithmetik (Fortran FTW)
- ~~Variable Length Arrays für Stack Allokationen (optionales Feature), als Funktionsparameter (Probleme C++, Stackoverflow)~~
- Flexible Array Members (letztes Feld in einem Struct)
- <stdint.h>

Erfahrungen

- Es ist wirklich grenzwertig:
 - Rangecheck mal übersehen (hier kann ja nichts passieren):
Bäng
(Bilder enthielten erratische Pixel)
 - Tippfehler: Falschen Typ beim sizeof Allozieren: Bäng
 - Unerwartete Stack Overflows

Timing des Codes

- Starte DMA Transfer vom ADC → Rohdaten
- Warte auf Ende
 - Starte FFT Thread mit Rohdaten
 - Rohdaten auf SD Karte schreiben
- Warte auf Ende FFT → Bilddaten
 - Starte DMA Transfer Bilddaten zum Display

Credits

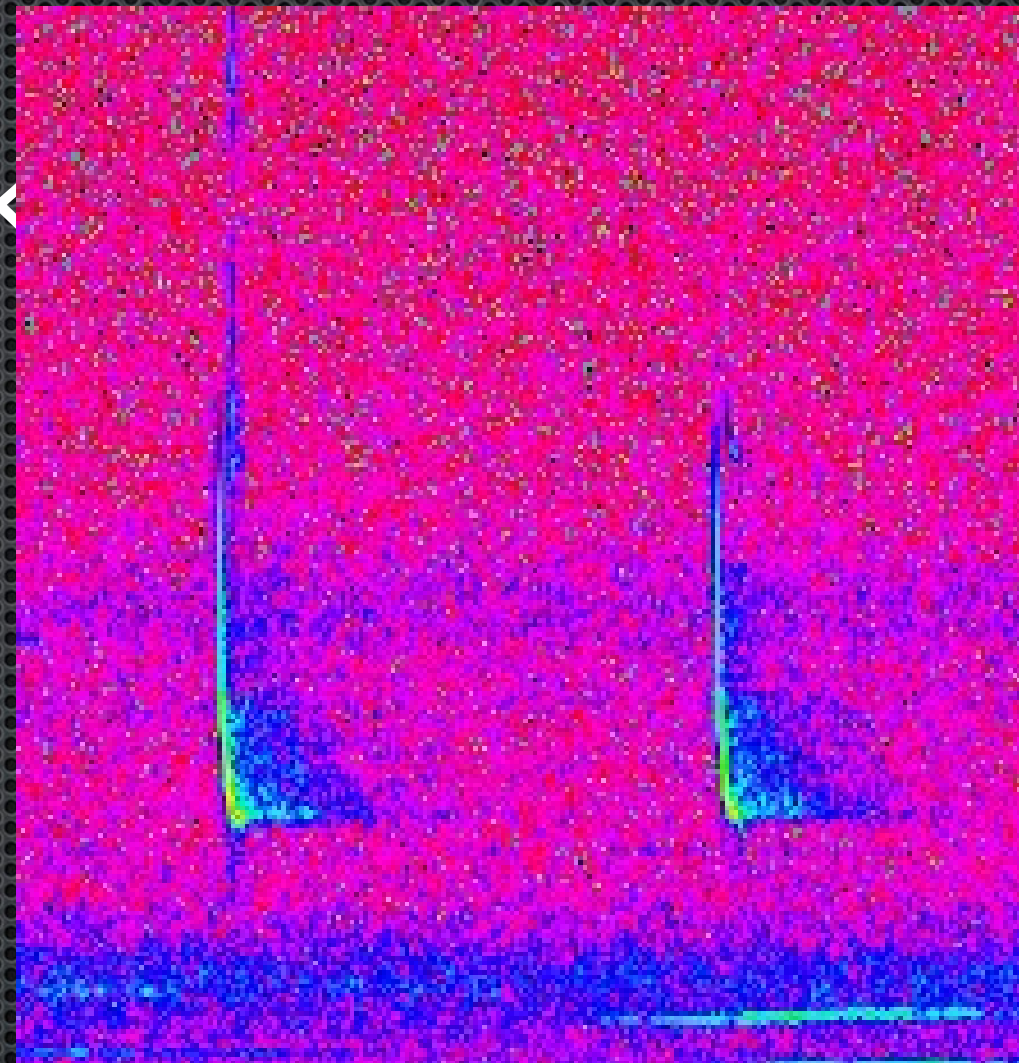
- <https://github.com/carlk3/no-OS-FatFS-SD-SDIO-SPI-RPi-Pico>
Carl J Kugler III : SDIO SD Card Treiber
- <https://github.com/mborgerding/kissfft>
Mark Borgerding Kiss: FFT
- https://github.com/devbis/st7789_mpy
Ivan Belokobylskiy: st7789 micropython treiber
- <https://github.com/raspberrypi/pico-sdk>
Raspberrypi (kilograham)

Fledermäuse

- Soziallaute (Maus zu Maus)
- Orientierung (Maus zu Umwelt) sind FM signale (Sweeps)
- Bei mehreren Exemplaren weichen sie im Frequenzraum aus
- Jede Mausart hat sehr spezifische Ruf Eigenschaften
 - Dauer
 - Frequenzumfang
 - Art der Modulation
 - Sequenzen
 - Obertöne

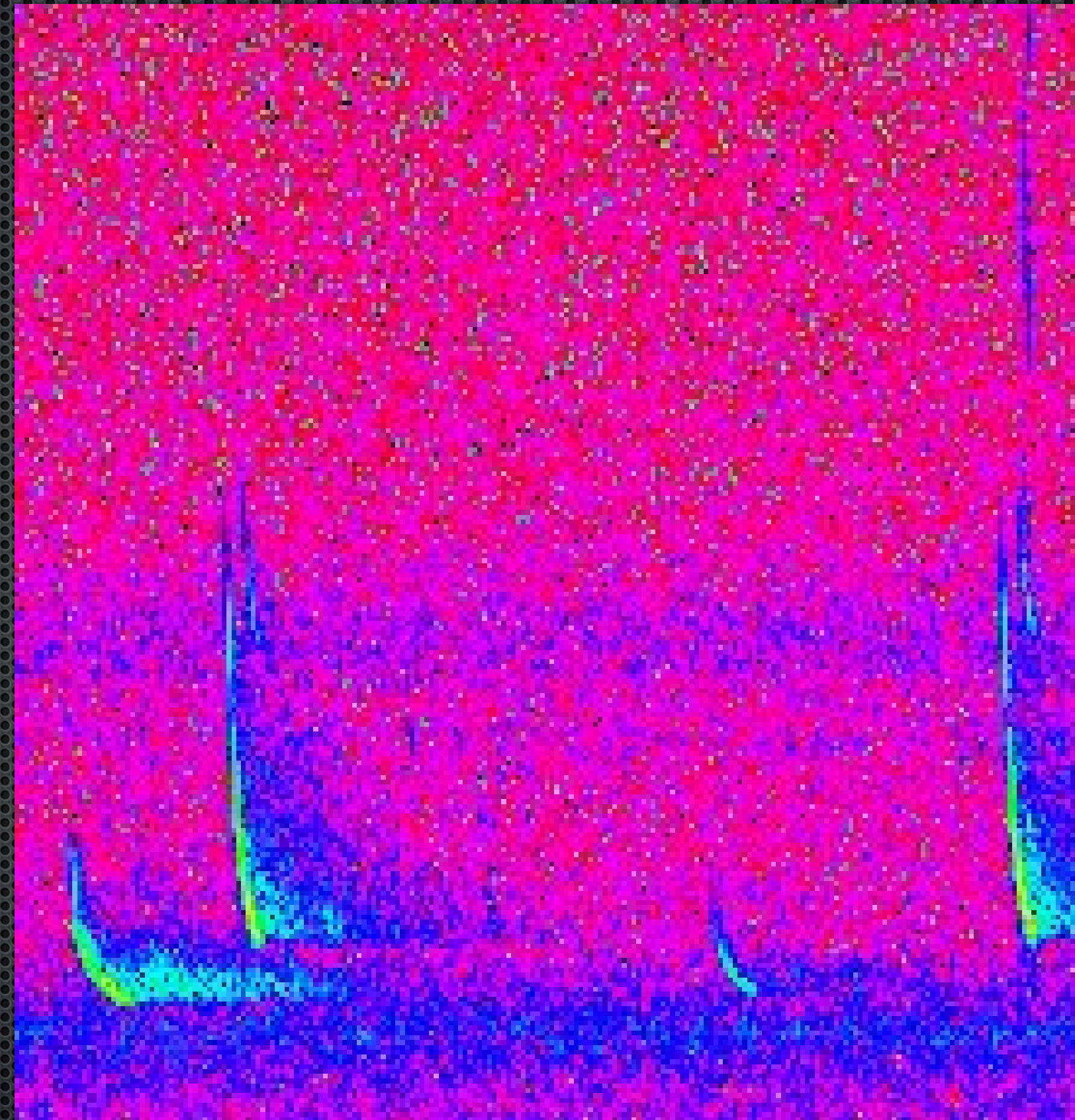
Zwergfledermaus

- (Oton man muss sich eher Sorgen machen wenn man diese NICHT findet)
- Schnelle Sequenzen von
- L Förmigen Spektren mit Hak
- Oberton sichtbar



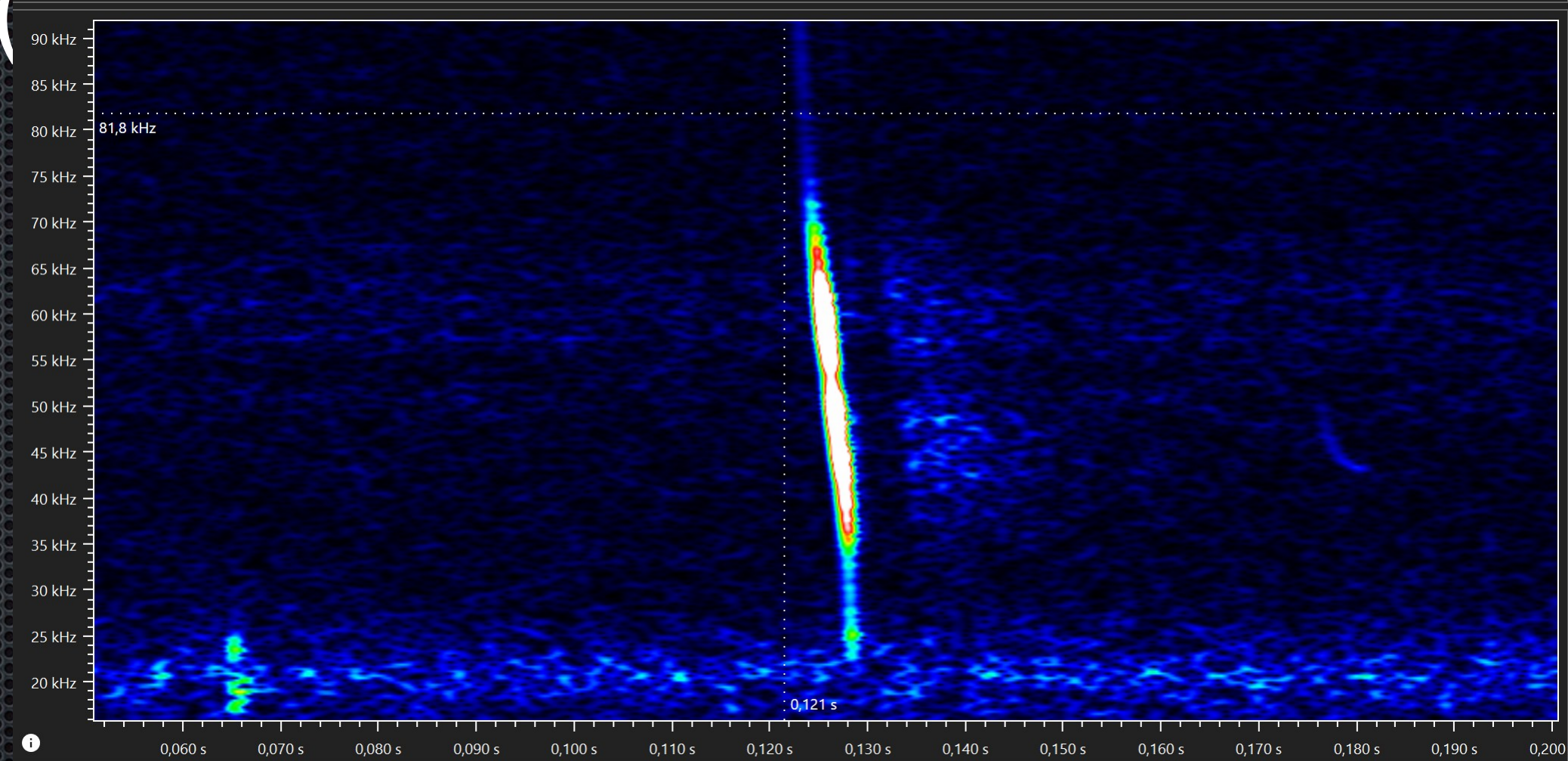
Ausweichen

- Zwei Zwergfledermäuse (?)



Myotis Myotis

- Grosses Mausohr
- Sehr kurzes Signal mit extremem Umfang 90kHz zu 25kHz in $< 0.01s$
- Und Optik (grosse Flodermasche) + Umgebung (kirchendachstuhl) passt



Stand der Dinge (Sep 2024)

- Github repository mit nachbaubaren Schaltplan
- Update auf pico2 Microcontroller
(Viel schneller, Doppelt so viel Speicher, HW Single Precision Floating Point Support!)
 - Aufnahmedauer 0.8 sec , 0.2sec pause
 - Schreibt 12 bit Raw Soundfiles auf SD Card

Stand der Dinge (Sep 2024)

- Probleme mit C Source: RP Pico hat extrem kleinen Stack (2kB) wenn Dual Core
Hatte Stack – Overflows ohne es zu merken
- Desktop: fftw3 ist GPL basiert, wollte ursprünglich MIT Lizenz nehmen. Jetzt muss ich auf GPL wechseln.
- Komme in Ressourcen Probleme wenn man FFT 1024 mit 93% Überlappung verwendet.

Stand der Dinge (Sep 2024)

BOM vielleicht 35 EUR, müsste eigentlich nachbaubar sein.

Raspberry Pico2 (5 EUR) (<https://www.reichelt.de/index.html?ACTION=446&LA=0&nbc=1&SID=94e30cb38c0aa090445e0f0615a89bee116612f7824b223371e87&q=pico2%20>)

Waveshare st7789 240x240 Display 9,95 EUR (320x240 would be a cool upgrade)
<https://eckstein-shop.de/WaveShare240x2402CGeneral13inchLCDdisplayModule2CIPS2CHD>

SDIO 5,90 EUR <https://eckstein-shop.de/AdafruitMicroSDSPIorSDIOCardBreakoutBoard-3VONLY>

MEMS Microphone (6,95 EUR) : <https://de.elv.com/p/elv-bausatz-mikrofon-mems1-P151456/>

Kleinkram (vielleicht 5 EUR)

Stand der Dinge (Sep 2024)

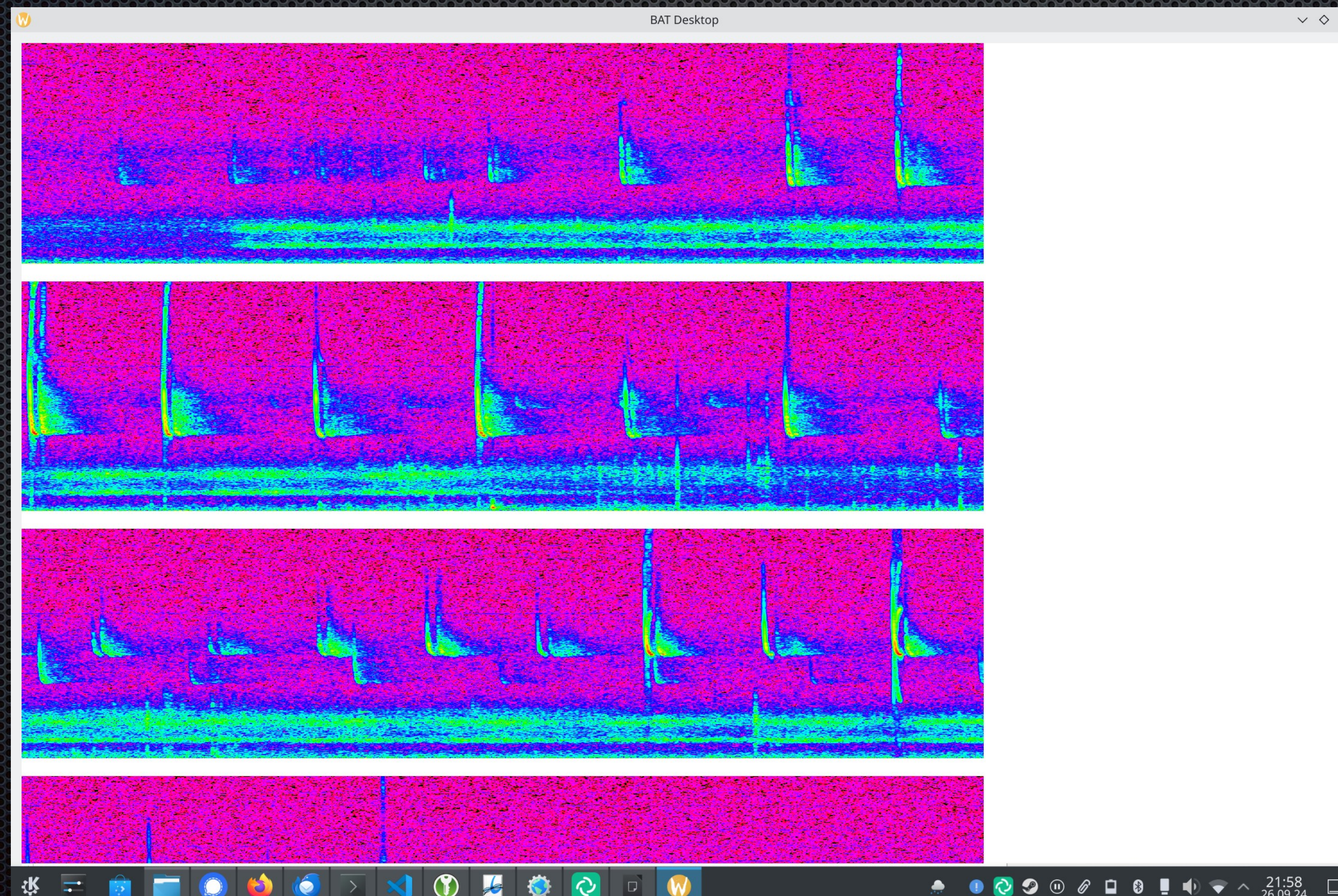
- Zum Nachbauen wäre wohl Oszilloskop (120 EUR) zur Fehlersuche Hilfreich (ich habe <https://www.pollin.de/p/owon-lcd-oszilloskop-mit-multimeter-hds242-2-kanal-40-mhz-830955>)
- Eventuell wäre eine Debug Probe (12 EUR) <https://www.berrybase.de/raspberry-pi-debug-probe>

Next Rabbit holes ahead

- Desktop Code zur Analyse : Programmiersprachenkrampf (again)
–Jetzt mit GUI
- Neues Platinendesign: Eventuell SMD Platine?
- Gehäuse besser machen (Display mit gehäuse verschrauben)
- Automatische Rufanalyse statt manuell Bilder durchkämmen
- Eventuell bei Ruf Erkennt längere Aufnahme ohne Grafik ?
- Oder doch mit einem SBC (Mehr Speicher, aber ADC Timing komplex)...

Stand der Dinge (Oct 2024)

- Anfang einer portablen (Linux, Windows, MacOS) Desktop-Anwendung zur Analyse der Daten



Ausblick

- Arbeit an der Desktop Application
- HW Verbessern
 - Platine ?
 - RTC (Uhr)
 - GPS (Position+Uhr)
 - Möglich Zukunft: Pico2 W (kein RTC/GPS/Display), sondern Mobile App??
 - Nur Logger mit RTC, Ohne Display ?
- SW
 - Display Laufband
 - Nahtloses aufnehmen
- Mal x Gerät nachbauen...

Fragen?

- <https://github.com/oflebbe/batdetect>
- <https://www.oflebbe.de>
- Fosstodon <https://fosstodon.org/@0x01af>

