



TETRAwatch

TETRAwatch ist ein kompaktes, fahrzeuginternes Detektionssystem zur unmittelbaren Erkennung von Einsatzfahrzeugen im nahen Umfeld. Das Gerät überwacht kontinuierlich den BOS-Digitalfunk-Uplink im Frequenzbereich 380–385 MHz, in dem Funkgeräte von Polizei-, Feuerwehr- und Rettungsfahrzeugen ihre Anmelde- und Statussignale an die nächstgelegene Basisstation senden.

Durch eine Kombination aus schmalbandiger HF-Filterung und intelligenter Pegelerkennung werden ausschließlich die kurzen, paketbasierten Sendungen mobiler Endgeräte erfasst.

Permanentsignale der Basisstationen werden zuverlässig ausgeblendet. Erkennt TETRAwatch eine solche Aussendung innerhalb eines typischen Nahbereichs von bis zu 50m, gibt es ein akustisches und optisches Signal.

Der Fahrer erhält so in Echtzeit einen Hinweis auf herannahende oder in unmittelbarer Nähe befindliche Einsatzfahrzeuge – selbst dann, wenn diese noch nicht sichtbar oder hörbar sind. Das System erfasst keine Inhalte der Kommunikation, sondern detektiert lediglich das Vorhandensein der Funksignale und arbeitet damit rechtskonform und datensparsam.

1) Hardware, Anschlüsse, Strom

Antenne: $\frac{1}{4}$ -Wellen-Magnetfuß (~19 cm Strahler) aufs Fahrzeugdach, Koax in den Innenraum.

SDR: RTL-SDR v3 (USB) direkt oder via kurze, entkoppelte USB-Leitung an den Pi.

Filterung: Optional ein schmaler Bandpass 380–385 MHz mit ≥ 40 dB Sperre bei 390–395 MHz; erhöht Robustheit im Fahrzeug.

LCD: 16×2-I²C-LCD (HD44780/PCF8574), typische Adresse 0x27.

Buzzer: Piezo an GPIO 18 (BCM) über kleine Transistorstufe.

I²C: SDA→GPIO 2, SCL→GPIO 3, 5 V und GND.

Strom: 12 V→5 V/3 A DC/DC mit LC-Filter; Masse sternförmig, Ferritringe an USB/Versorgung.

2) Software installieren

Zip auf den Pi kopieren und entpacken, dann:

```
cd ~/Downloads
```

```
unzip tetra_presence_detector.zip -d ~/
```

```
cd ~/tetra_presence_detector
```

```
sudo ./install.sh
```

```
sudo systemctl start tetra-detector.service
```

Das Script installiert Abhängigkeiten, aktiviert I²C und legt den systemd-Dienst an. LCD-Adresse ggf. mit `i2cdetect -y 1` prüfen und in `config.ini` anpassen.

3) Konfiguration

In `config.ini` sind zentrale Parameter gesetzt:

- SDR: drei Mittenfrequenzen 381.5/383.0/384.5 MHz, Sample-Rate 2.4 MS/s.

- Detektion: Schwelle `threshold_db = 8.0`, Fenster `window_ms = 150`, Sperrzeit `refractory_s = 0.7`.
- LCD: Adresse, Port, 16×2 Zeichen.
- Buzzer: GPIO 18, 2 kHz, 90 ms.

Diese Werte sind praxistauglich. Bei sehr „lauter“ Umgebung kann die Schwelle auf 9–12 dB angehoben werden.

4) Was der Code macht

- Der Pi tastet nacheinander drei Mittenfrequenzen ab und deckt so 380–385 MHz mit Überlappung ab.
- Pro 150-ms-Fenster wird ein gemitteltes Leistungsspektrum berechnet, in 25-kHz-Kanäle aggregiert und der Median als Rauschboden bestimmt.
- Ist die stärkste Kanalleistung ≥ 8 dB über Median, gilt „Burst aktiv“ → kurzer Piepton, Anzeige von Frequenz, Pegelüberschreitung und Uhrzeit.
- Refractory (0,7 s) verhindert Dauerpiepen. „Bursts/min“ läuft mit.

5) Dateien im Paket

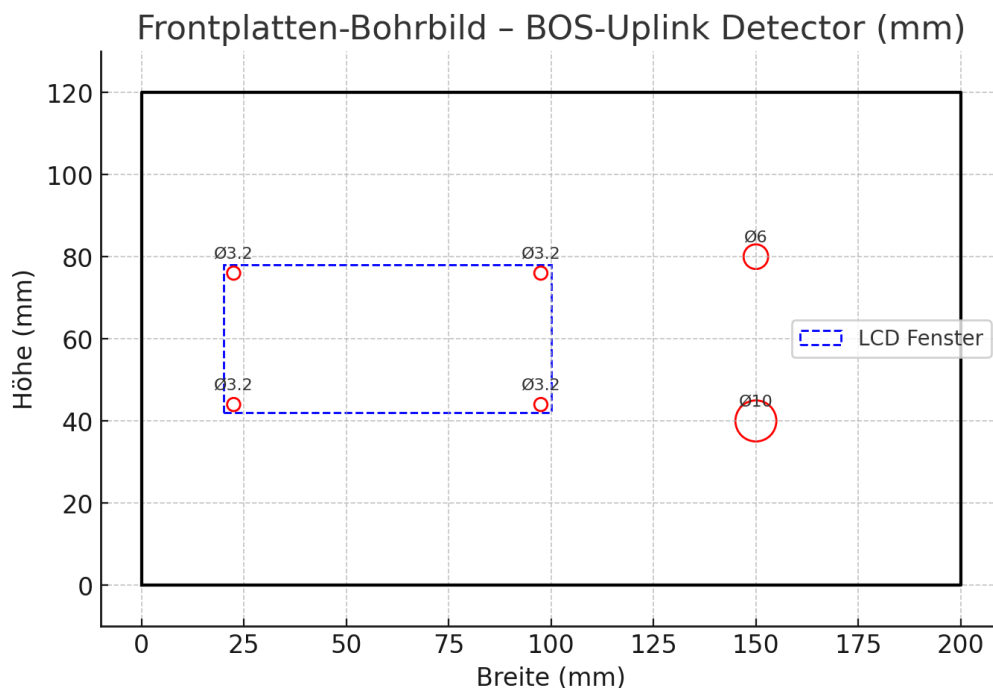
- `detector.py` – Hauptprogramm (RTL-SDR, Detektion, LCD, Buzzer).
- `lcd_i2c.py` – I²C-LCD-Ansteuerung.
- `config.ini` – Parameter.
- `install.sh` – Installation + systemd-Dienst.
- `requirements.txt`, `README.md`.

6) Test und Inbetriebnahme

- I²C prüfen: `i2cdetect -y 1` → LCD sollte bei 0x27 oder 0x3F erscheinen.
- Antenne aufs Dach, SDR einstecken, Dienst starten.
- Bei Funkaktivität im Uplink ertönt ein kurzer Piepton; das LCD zeigt z. B. UL burst @ 383.275 und +10.2 dB HH:MM:SS.
- Schwelle feinjustieren: In `config.ini` `threshold_db` anheben, wenn es in HF-reichen Gegenden zu häufig piept; senken, wenn echte Bursts nicht erkannt werden.

7) Hinweise für den Fahrzeugeinbau

- Antennenkabel kurz halten, SDR räumlich vom Pi/LCD trennen, Ferritringe einsetzen.
- Optionaler Vorfilter vor dem SDR verbessert Selektivität und verhindert, dass starke Downlink-Träger den Frontend-Dynamikbereich belasten.
- Keine Inhaltsauswertung, nur Leistungsdetektion.



Für die Version mit 3.5"-SPI-TFT, hier das Gehäuse-Bohrbild

Frontend-SAW-/LC-Filterplan

1) Zielwerte

- Durchlassbereich: 379,5 – 385,5 MHz
- Einfügedämpfung: < 2 dB
- Sperrung bei 390–395 MHz: ≥ 40 dB
- Sperrung bei 433 MHz (ISM): ≥ 20 dB
- Impedanz: 50 Ω

2) Schaltungskonzept

Eine Kombination aus SAW-Filter (präzise Selektion) und LC-Preselection (breitbandige Dämpfung unerwünschter HF) funktioniert am besten.

Signalweg:

Antenne \rightarrow LC-Tief-/Hochpasskombi (2-pol. Bandpass) \rightarrow SAW-Filter 380 MHz \rightarrow LNA \rightarrow SDR

2.1 LC-Bandpass (2-polig)

Zentrierung: 382,5 MHz, $Q \approx 10$, Impedanz 50 Ω .

Berechnung (Serien-L, Parallel-C in Pi-Topologie):

- Serien-L: ~ 56 nH
- Parallel-C: ~ 27 pF (beide Seiten symmetrisch)

Werte (E6-Reihe, SMD 0805 oder kleiner, NP0/C0G für Kondensatoren):

L1, L2 = 56 nH ($Q > 40$ bei 400 MHz)

C1, C2 = 27 pF (NP0)

Das ergibt eine Bandbreite von etwa 8–10 MHz, passend für BOS-Uplink.

2.2 SAW-Filter

- Typ: Murata SF380E oder TriQuint/TQF 380 MHz
- Mittenfrequenz: 380 MHz
- Bandbreite (3 dB): ~4,5 MHz
- Einfügedämpfung: ~1,5 dB
- Sperrdämpfung bei 390–395 MHz: ≥ 40 dB

Anschluss:

50 Ω an Ein- und Ausgang, direkt nach dem LC-Bandpass. SAW-Filter ist empfindlich gegen DC, also Koppelkondensatoren (~100 pF NP0) davor/dahinter setzen.

3) Gesamtplan (ASCII)

ANT

|

C1 (27pF) ---+

|

L1 (56nH)

|

C2 (27pF) ---+

|

[SAW 380MHz]

|

100pF NP0

|

LNA (~15-20dB)

|

SDR

4) Hinweise zum Aufbau

- Leiterbahnlängen zwischen Filterstufen < 5 mm (auf FR4 bei 400 MHz sonst Verluste).
- Massefläche unter den Bauteilen mit via-Stitching an allen Seiten.
- SAW-Filtergehäuse direkt mit Masse verbinden.
- Möglichst abgeschirmtes Gehäuse für den Filter (Messingblechhaube).
- Koax-Anschlüsse (SMA) statt lose Drähte – vermeidet Fehlanpassung.

5) Vorteile dieser Kombi

- LC-Teil filtert grob (breite Störer wie 433 MHz-ISM und UKW-Oberwellen).
- SAW filtert scharf genau auf BOS-Uplink, Downlink wird effektiv unterdrückt.
- LNA dahinter arbeitet im linearen Bereich, weil starke Downlink-Signale schon vorher bedämpft sind.

