

# APRS senden mit dem Arduino

s3lph / HB3YBQ

CoSin 2023

17.06.2023

s3lph@s3lph.me

@s3lph@chaos.social

# Disclaimer

- Ich habe nur wenig Ahnung von dem, was ich hier erzähle!
- Amateurfunkbetrieb nur mit Lizenz/Rufzeichen!
- HB3 dürfen die RF-Sendeeinheit nicht selber bauen!

# Was ist APRS?

- *Automatic Packet Reporting System*
- Amateurfunk
- Packet Radio

# Was wird über APRS gesendet?

- **GPS-Positionen**
- Wetterdaten
- **Informationen zur Funkstation**
- E-Mails
- TCP/IP
- ...

# Was wird über APRS gesendet?

- «Ich befinde mich an ... und sende mit ... W»
- «Ich befinde mich an ... und bin auf ... MHz erreichbar»
- «An Position ... ist das Wetter ...»
- **«Ich befinde mich an ... und bewege mich mit 20km/h nach 42°»**

# Wie wird APRS gesendet?

- Festgelegte Frequenzen für Regionen
  - Beispiel: Europa, 2m FM: **144.800 MHz**
- Audiosignal: AFSK 1200
  - *Audio Frequency Shift Keying*
  - 1'200 Hz und 2'200 Hz, Bell 202 Modem
- Paketformat: AX.25
  - Link Layer Protokoll abgeleitet von X.25
  - Standards, Standards, Standards (mehrere 100 Seiten)

# Wie wird APRS gesendet?

- Paket-Weiterleitung via «Digipeater»
  - ... an andere Funkstationen
  - ... vom und ins Internet
    - z.B. Kartendarstellung auf [aprs.fi](https://aprs.fi)

# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1



# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

- Paket-Delimiter
- 0x7E
- Bei aufeinander folgenden Paketen: Nur 1x gesendet

# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

- Adresse = Rufzeichen + SSID
- Rufzeichen:  $\leq 6$  ASCII-Zeichen
  - Padding mit Leerzeichen
- SSID: 4-Bit Zahl
- Jedes Byte um 1 Bit nach links geschiftet
  - LSB=1 als Terminator, nur bei der Source SSID

# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

- Source SSID = Art des Senders
  - Handheld, Wetterstation, ...
- Beispiel: **HB3YBQ-7**

# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

- Destination SSID codiert Routing-Informationen
  - Hop-Limit, ...
- Beispiel: **WIDE1 -1**
  - WIDEx = Alias für Wide-Area Digipeaters, 1 = Hoplimit
    - Ähnlich wie ff02::2

# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

- 0-8 Rufzeichen von Digipeatern
- Source Routing!

# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

- Üblicherweise: 0x03 0xf0
- 0x03 = «Unnumbered Information Frame»
- 0xf0 = «No Layer-3 Protocol»

# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

- Payload

# AX.25 Paketformat

Flag	Destination Address	Source Address	Digipeater Addresses	Control Field	Protocol ID	Information Field	CRC	Flag
1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

- CRC16
- Wird als einziges MSBit-first gesendet
  - Alle anderen Felder werden LSBit-first gesendet
  - Aber alles wird MSByte-first (Network Byte Order) gesendet



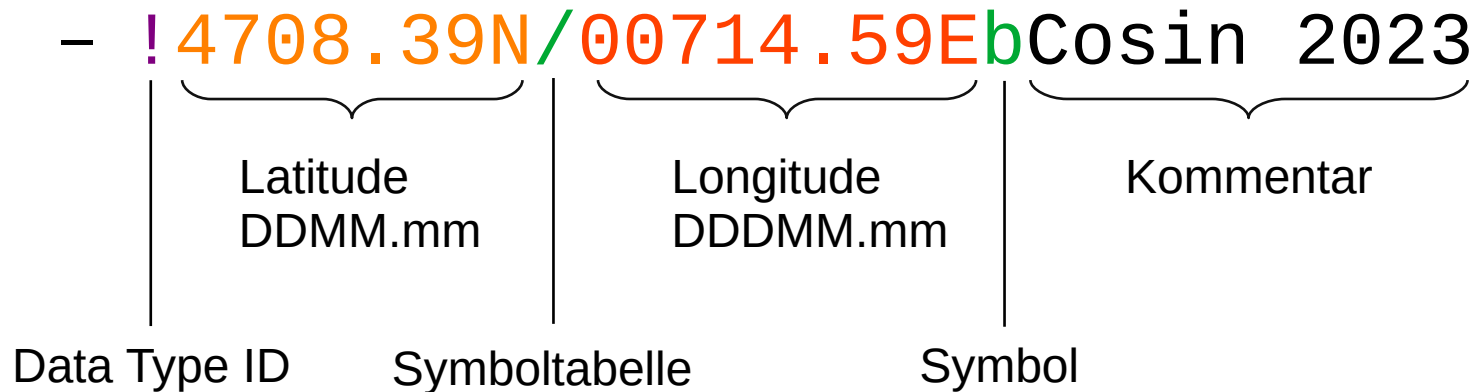
# APRS-Datenformat

Data Type ID	APRS Data	APRS Data Extension	Comment
1	n	7	n

- Data Type ID ist (meistens) ein ASCII-Zeichen

# APRS-Datenformat

- Positionsdaten



# APRS-Datenformat

- Positionsdaten

- !4708.39N/00714.59EbCosin 2023

- /171115z4708.39N/00714.59EbCoSin 2023

Timestamp (UTC)

Data Type ID

# APRS-Datenformat

- Positionsdaten

- !4708.39N/00714.59EbCosin 2023

- /171115z4708.39N/00714.59EbCoSin 2023

Timestamp (UTC)  
DDhhmm

Data Type ID

# APRS-Datenformat

- Positionsdaten

- !4708.39N/00714.59EbCosin 2023

- /171115z4708.39N/00714.59EbCoSin 2023

- /171115z4708.39N/00714.59Eb042/023CoSin20

Richtung

0° = ?

360° = N

Geschwindigkeit

in Knoten

# APRS-Datenformat






- Positions- Ungenauigkeit
  - Mit Leerzeichen (ASCII 0x20) auffüllen
  - 4708.3 N
  - 4708. N N
  - 470 N . N N
  - 47 N N . N N

# APRS-Datenformat

- Weitere Funktionen
  - Wetterinformationen
  - Kompression
  - Benutzerdefinierte Datentypen

# Symbole

- Zur Darstellung z.B. auf Karten
- Veraltet: Absender-SSID




- -0 kein Symbol 
- -1 Ambulanz 
- -2 Bus 
- -3 Feuerwehrauto 
- -4 Velo 



# Symbole

- Zur Darstellung z.B. auf Karten
- Teil der APRS-Payload
- 2 Symboltabellen
  - /: Primäre Tabelle
  - \$: Alternative Tabelle

# Symbole

Displayed Primary Symbols

# Symbole

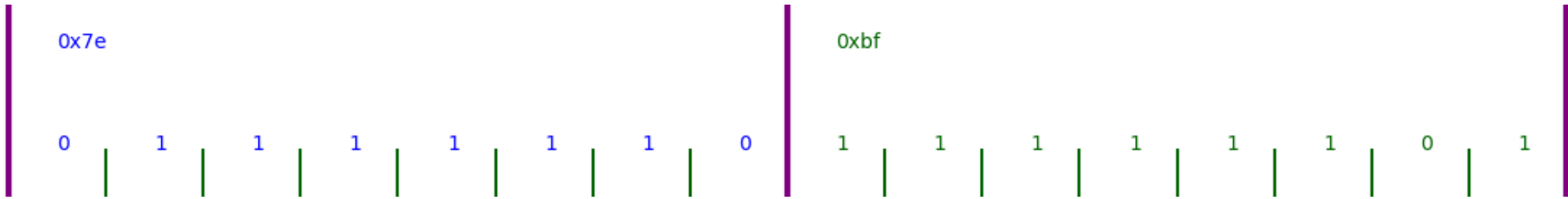
	BLOW SNOW		DRIZ RAIN		FRIZ RAIN		HAZE								
	BLOW			SLEET	FC		HAN								
						FLOOD				FOG					REV H

Displayed Alternate Symbols

# Leitungskodierung

1. AX.25-Paket wird LSB-first in Bits zerlegt

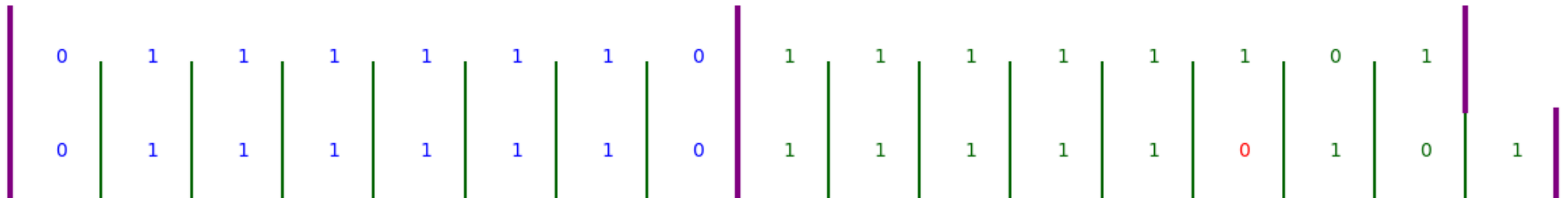
Ausnahme: CRC MSB-first



# Leitungskodierung

2. Nach 5 aufeinander folgenden «1» wird eine «0» eingebaut.

Ausnahme: *Flag* Bytes!



# Leitungskodierung

## 3. Bitstream wird NRZI-kodiert

- 0 → Signalpegel («mark»/«space») wechselt
- 1 → Signalpegel bleibt gleich

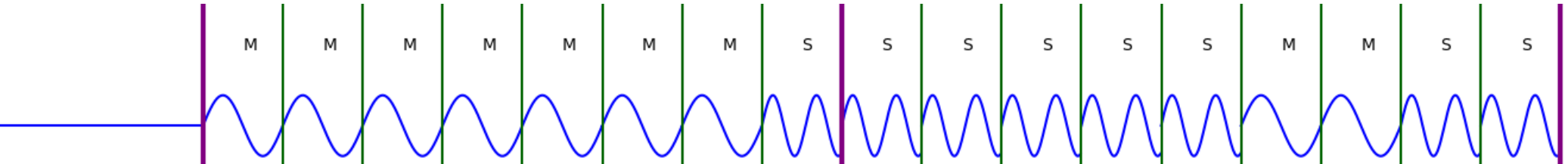


# Leitungskodierung

## 4. NRZI-Signalpegel wird akustisch codiert

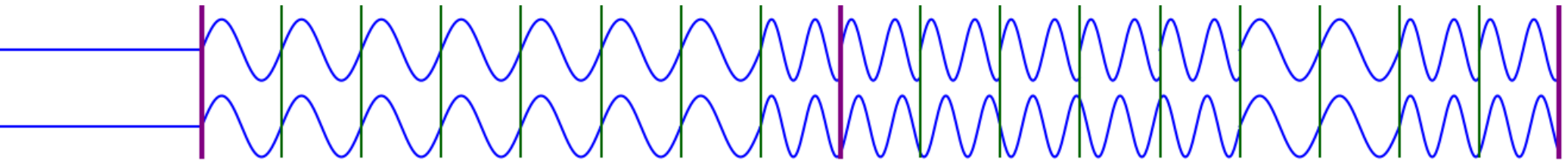
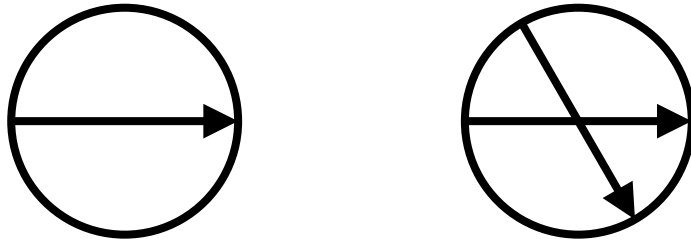
Mark → 1200 Hz @ 1/1200s

Space → 2200 Hz @ 1/1200s



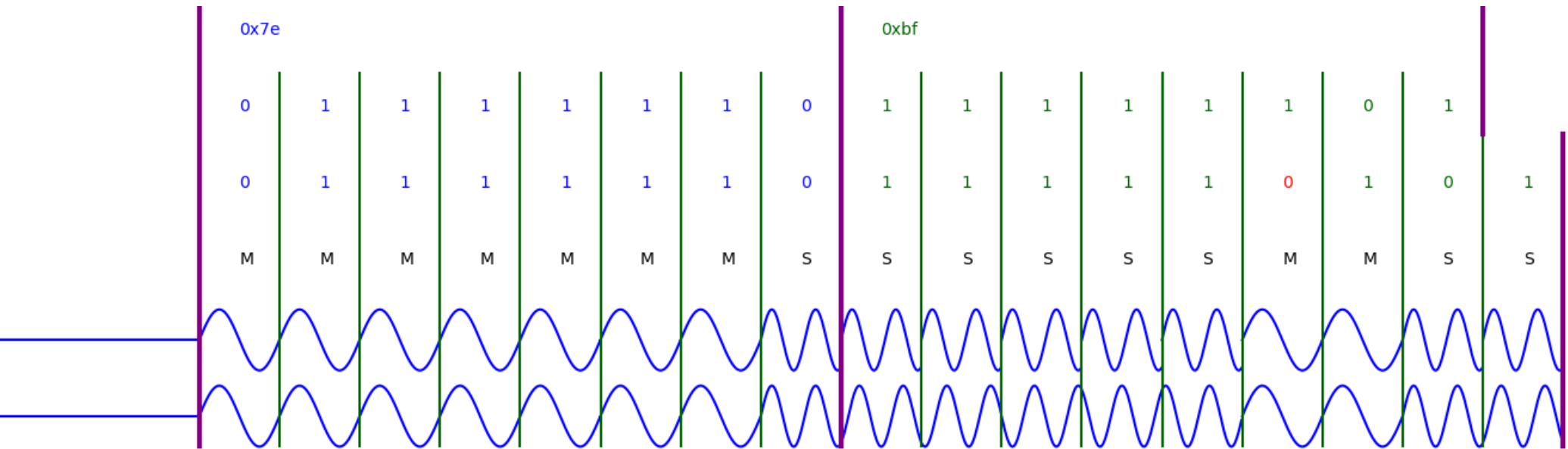
# Leitungskodierung

## 4. Beibehaltung der Phasenverschiebung





# Leitungskodierung

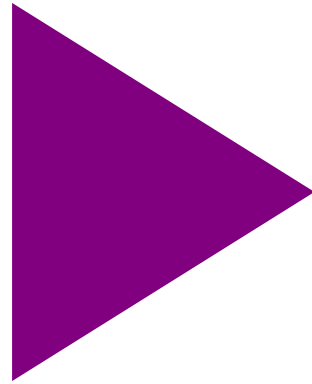


# Lesbarkeit Verbessern

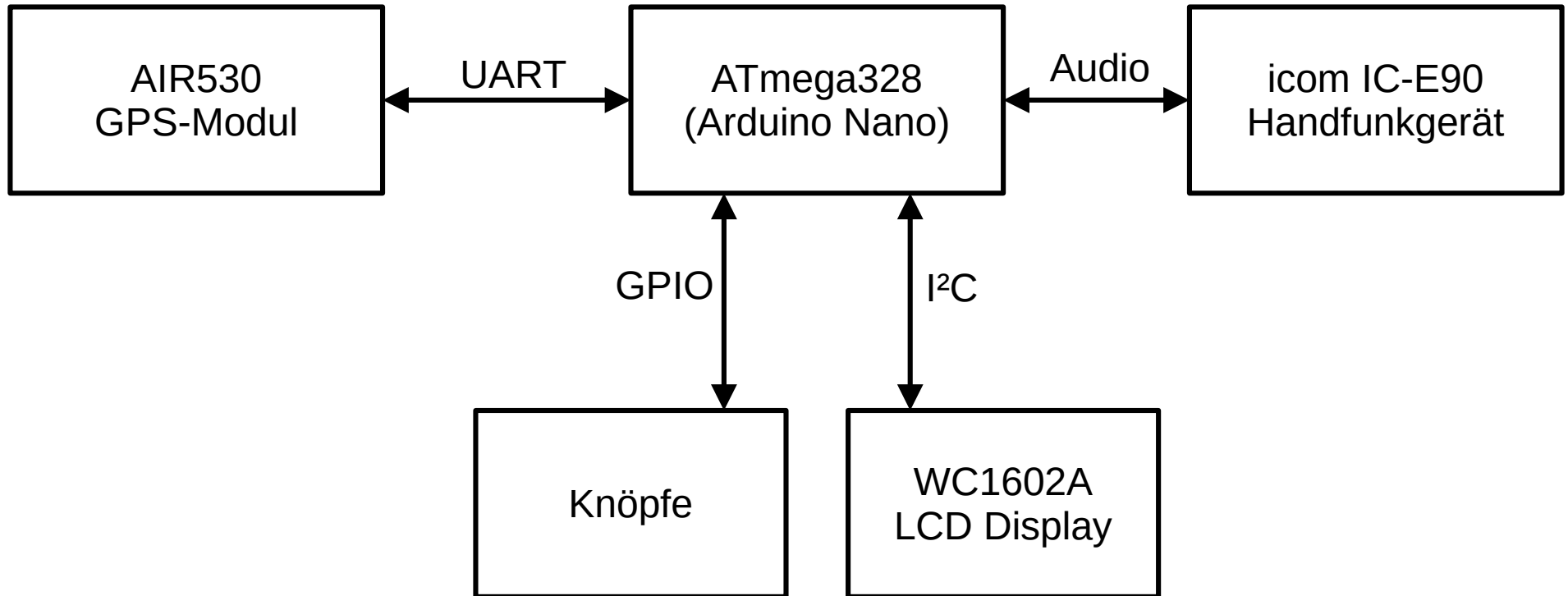
- Anfangs viele Flag-Bytes senden («TX Delay»)
- Paket mehrfach senden («TX Repeat»)

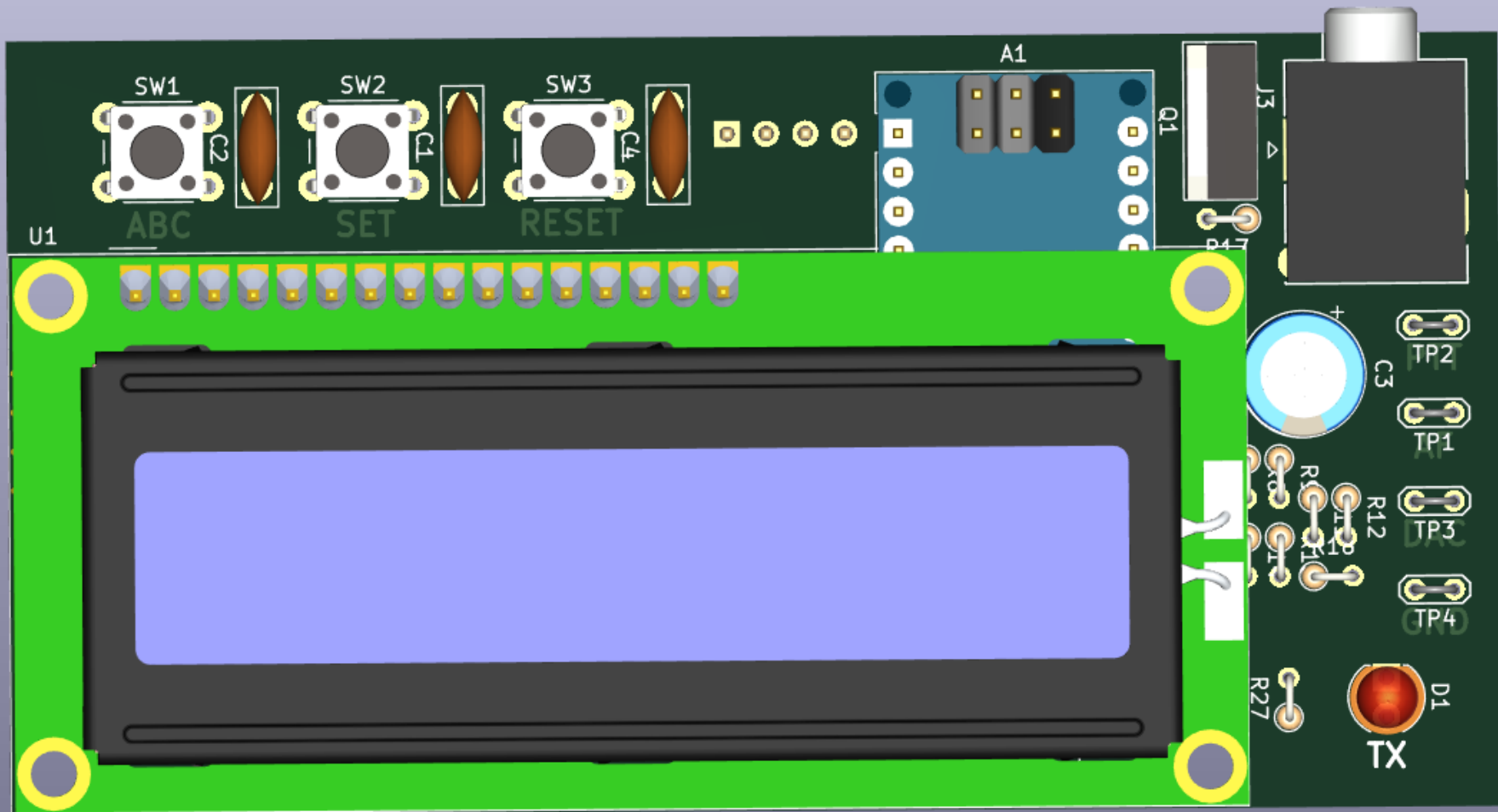


# Audio-Signal



# ... und jetzt mit dem Arduino





# Audiosignal erzeugen

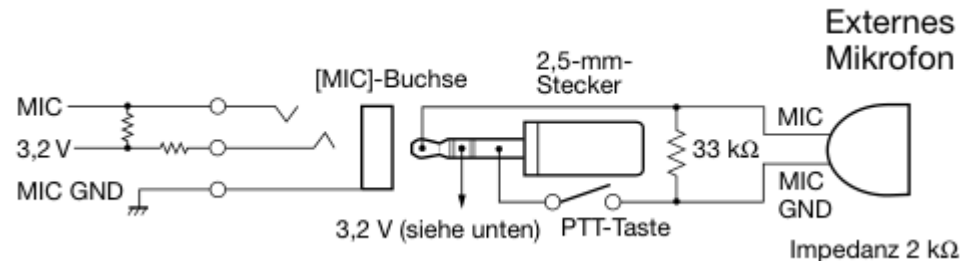
- Sinus erzeugen
  - Im Voraus berechnete Sinustabelle
  - Ausgang via DAC

# Audiosignal erzeugen

- Sinus erzeugen
- Phasenverschiebung
  - Nur 6 verschiedene Phasenwinkel (in 60°-Schritten)
  - 6 Offsets der Sinustabelle hardcoded

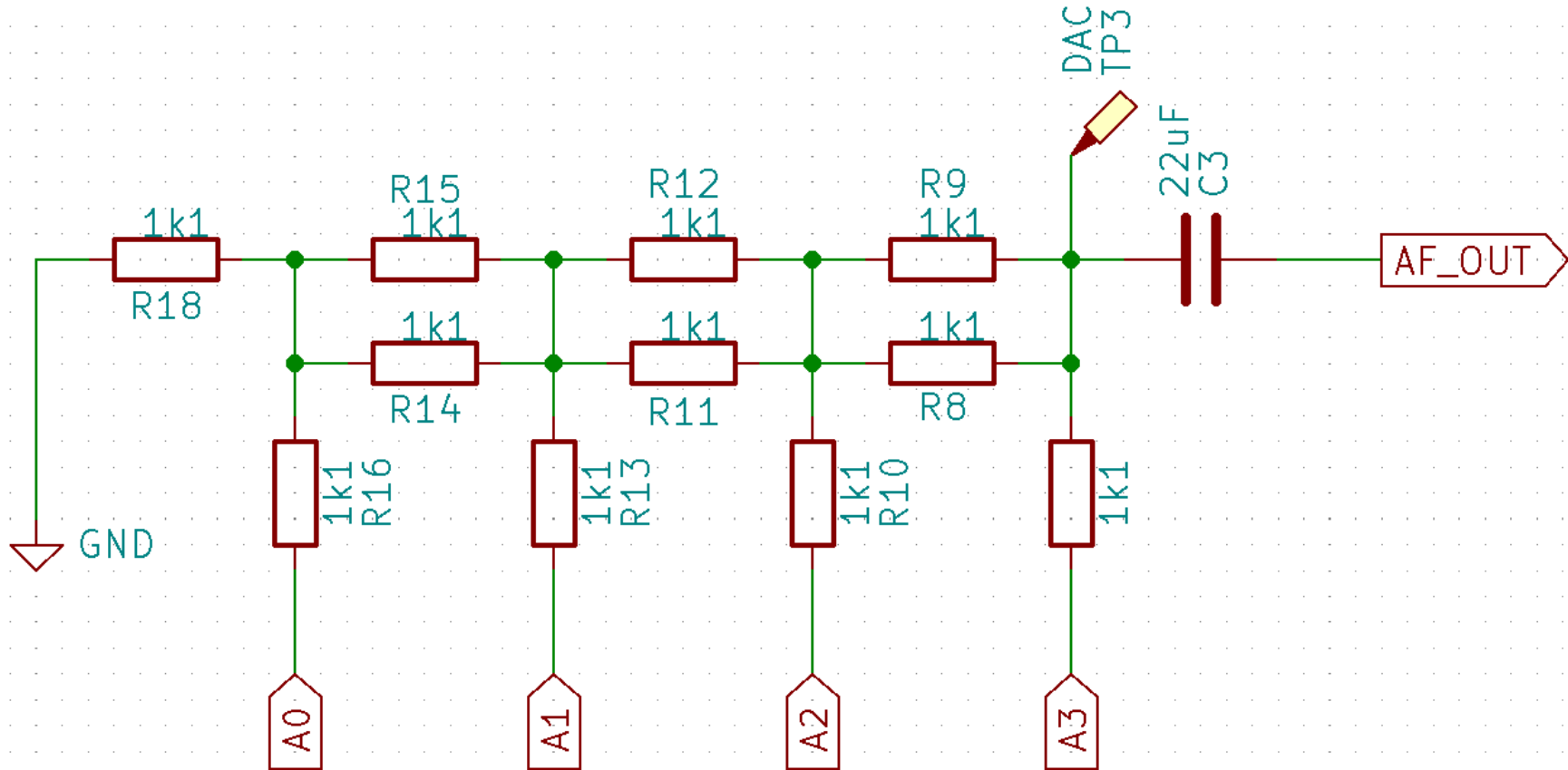
# Audiosignal erzeugen

- Sinus erzeugen
- Phasenverschiebung
- Push to Talk
  - icom ist da etwas speziell...

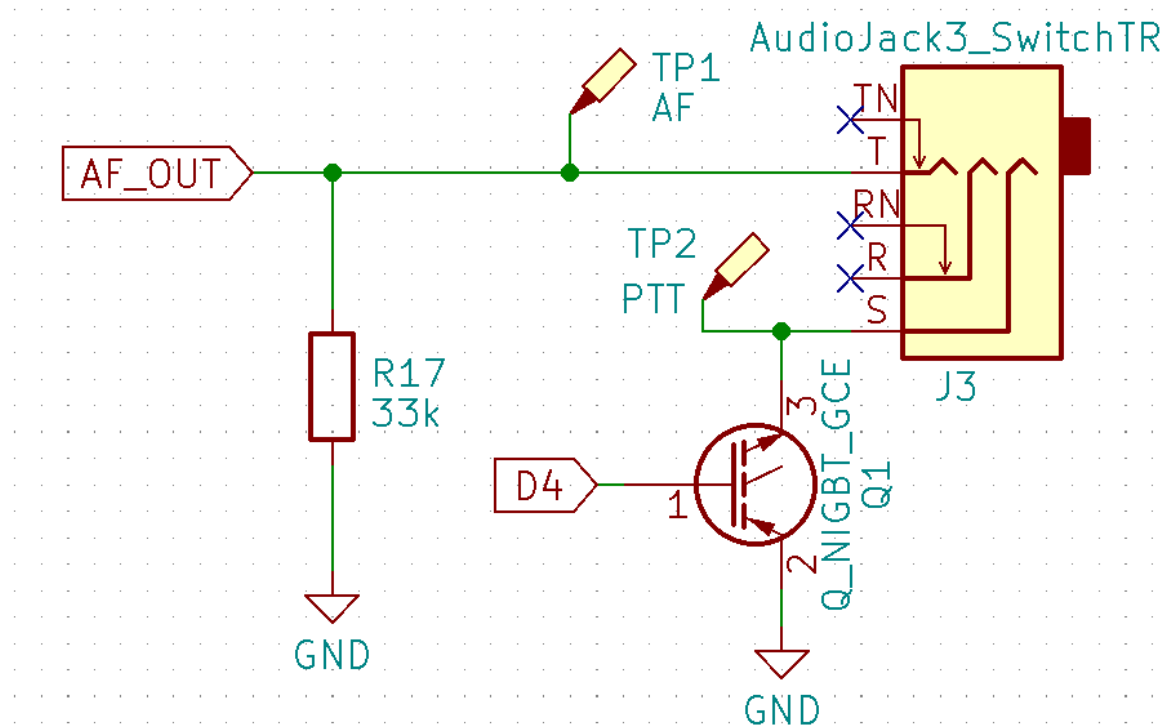


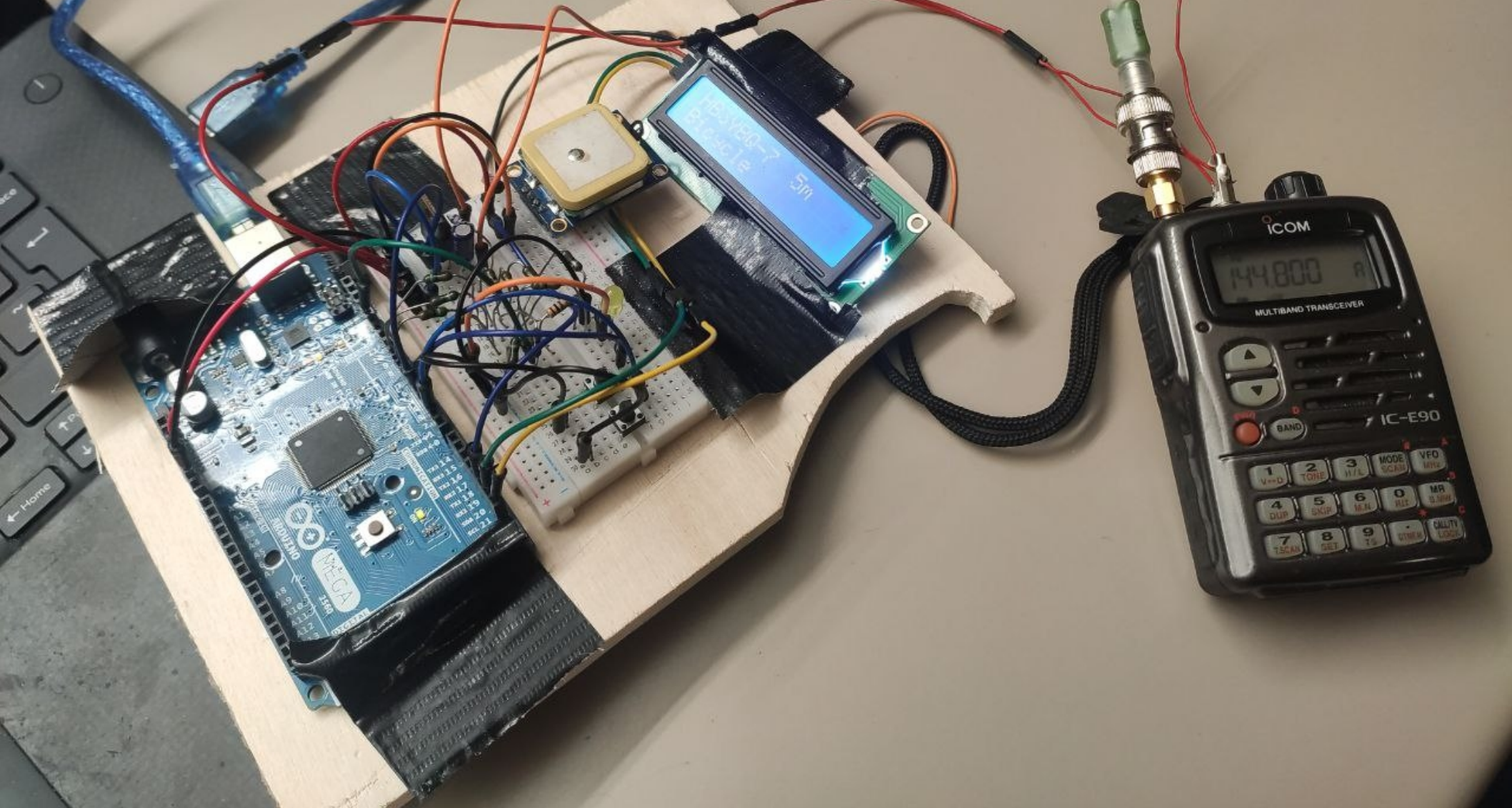


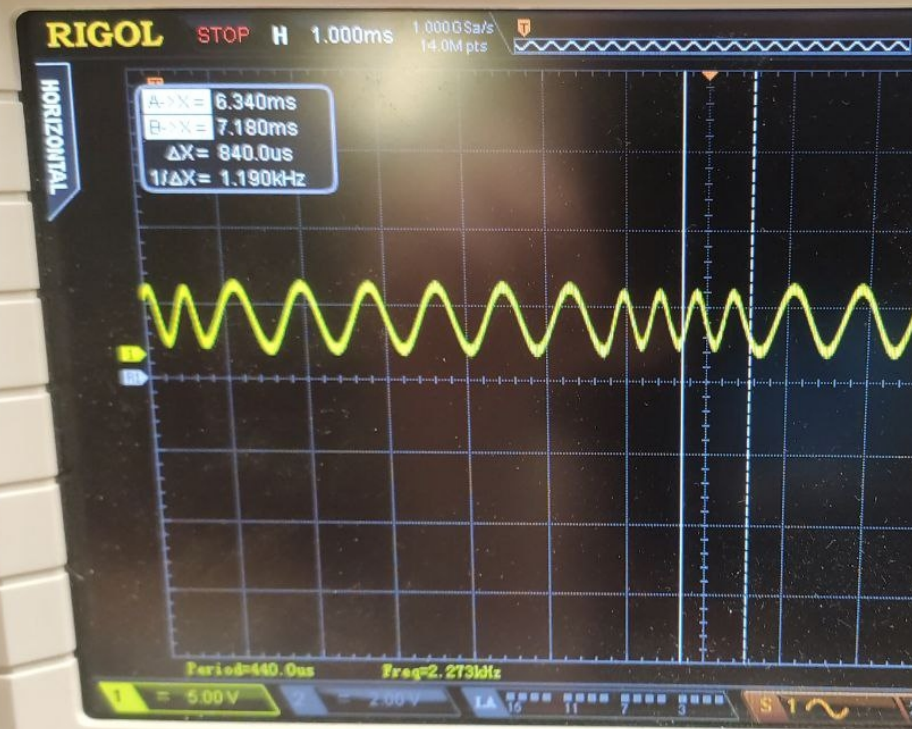
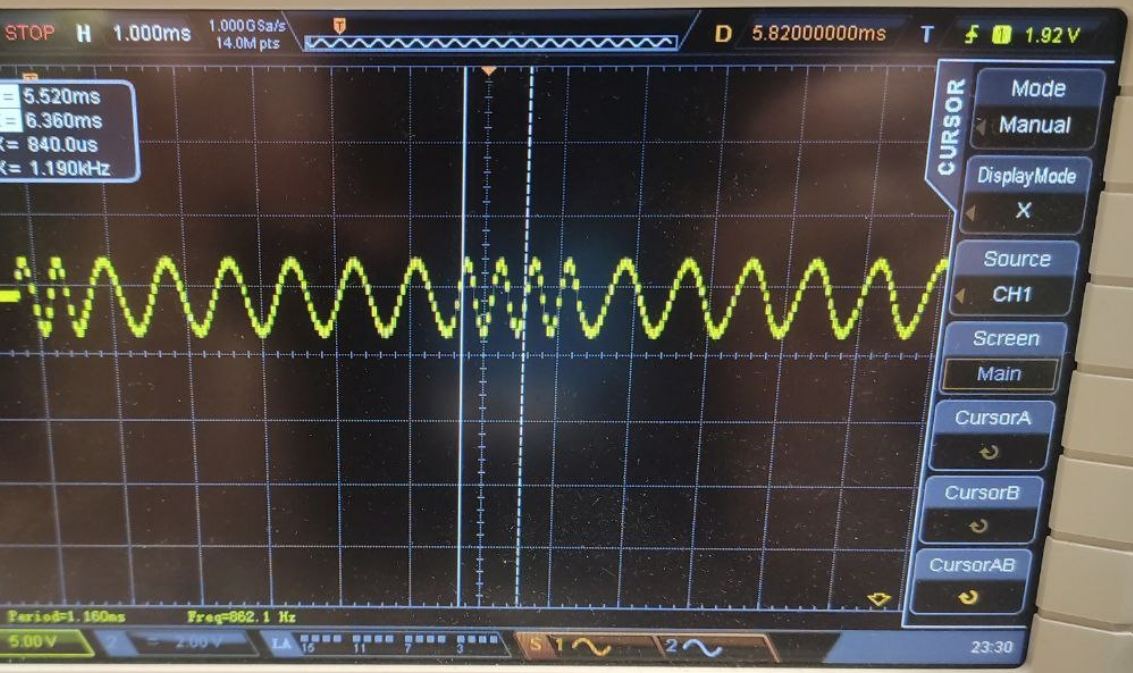
# Audiosignal erzeugen

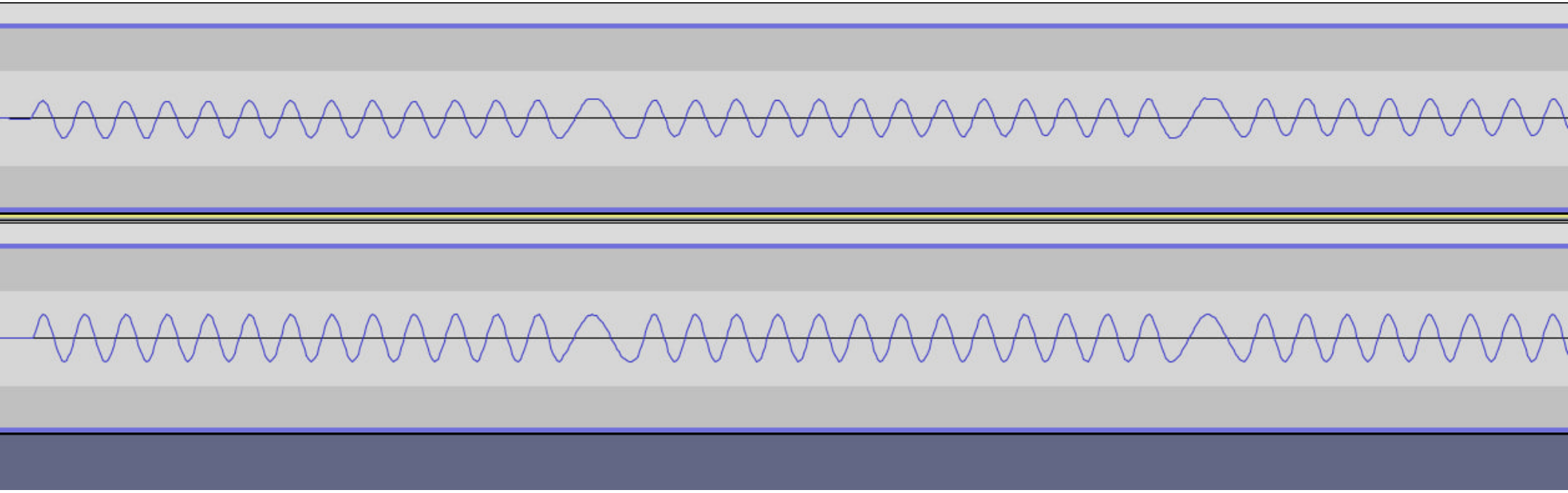


# Audiosignal senden









# Direwolf

```
44100 samples per second. 16 bits per sample. 1 audio channels.  
152718 audio bytes in file. Duration = 1.7 seconds.
```

```
Fix Bits level = 0
```

```
Channel 0: 1200 baud, AFSK 1200 & 2200 Hz, E, 44100 sample rate.
```

```
DECODED[1] 0:00.731 WB20SZ-15 audio level = 49(25/26)
```

```
[0] WB20SZ-15>TEST:,The quick brown fox jumps over the lazy dog! 1 of 4
```

```
DECODED[2] 0:01.226 WB20SZ-15 audio level = 49(25/26)
```

```
[0] WB20SZ-15>TEST:,The quick brown fox jumps over the lazy dog! 1 of 4
```

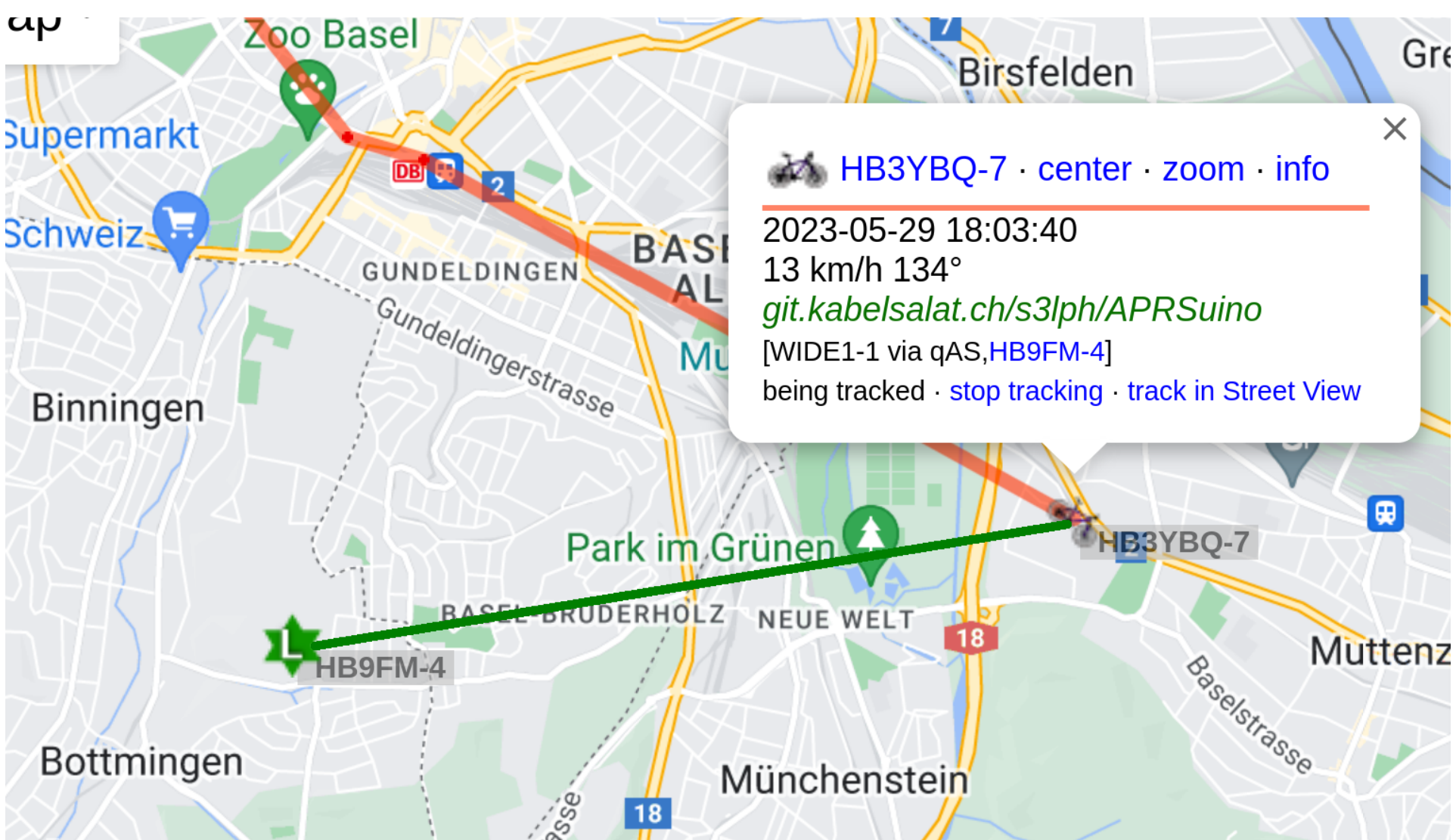
```
DECODED[3] 0:01.721 WB20SZ-15 audio level = 49(25/26)
```

```
[0] WB20SZ-15>TEST:,The quick brown fox jumps over the lazy dog! 1 of 4
```

```
3 from aprs.wav
```

```
3 packets decoded in 0.023 seconds. 74.1 x realtime
```





HB3YBQ-7 · center · zoom · info

2023-05-29 18:03:40

13 km/h 134°

[git.kabelsalat.ch/s3lph/APRSuino](https://git.kabelsalat.ch/s3lph/APRSuino)

[WIDE1-1 via qAS, HB9FM-4]

being tracked · [stop tracking](#) · [track in Street View](#)



# Stromverbrauch reduzieren

- Überflüssige LEDs etc. entfernen
- Pullups deaktivieren / vergrössern
- Nur sporadische CPU-Aktivität
  - AVR Low-Power-Modes verwenden
  - GPS Low-Power-Modes verwenden
- Datenblätter SEHR genau lesen
  - ... hilft aber auch nicht immer

# Zukünftige Optimierungen

- HW-Wakeup-Pins verwenden
- Alles auf 3.3V (ein Spannungsregler weniger)
- LCD direkt ansteuern (anstatt I<sup>2</sup>C-Adapter)
- Stromsparendere MCU-Architektur verwenden

# Obligatorische Linksammlung

- <https://git.kabelsalat.ch/s3lph/APRSuino>
- <https://aprs.org>
- <https://aprs.fi>
- <https://www.gammon.com.au/power>

# Fragen?

s3lph / HB3YBQ

CoSin 2023  
17.06.2023

s3lph@s3lph.me  
@s3lph@chaos.social  
@s3lph:kabelsalat.ch