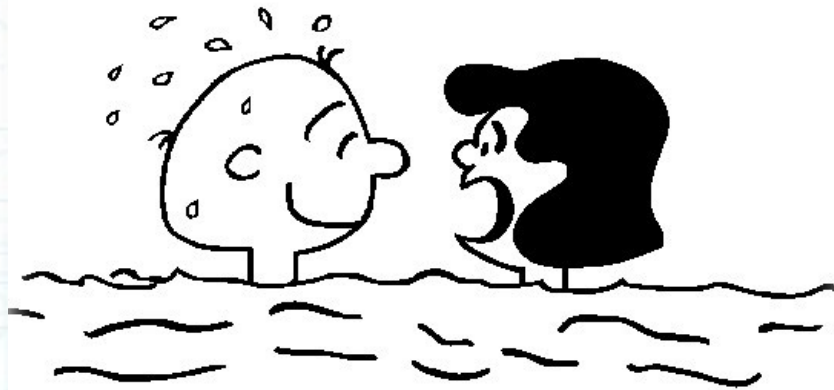


LoRa im Amateurfunk

- Vortrag von Alexander Walter, DC2WA
- Mitglied im DARC P14
- Hobbyastronom
- Wolkenstupser
- Elektroniker in Hard-/Softwareentwicklung
- Leiterplattenbestückung

LoRa - nichts als die Wahrheit



**Du bist ein Lügner, Charlie Brown.
Ich werde nicht untergehen, wenn
Du ihn rausziehst!**

gefunden auf FUNPOT.NET 

LoRa im Amateurfunk

- Was ist LoRa?
- Wie ist LoRa aufgebaut?
- Was kann man damit machen?
- Von wem kommt LoRa
- Kann man mit LoRa selber etwas bauen?
- Wie schwer ist Selbstbau?

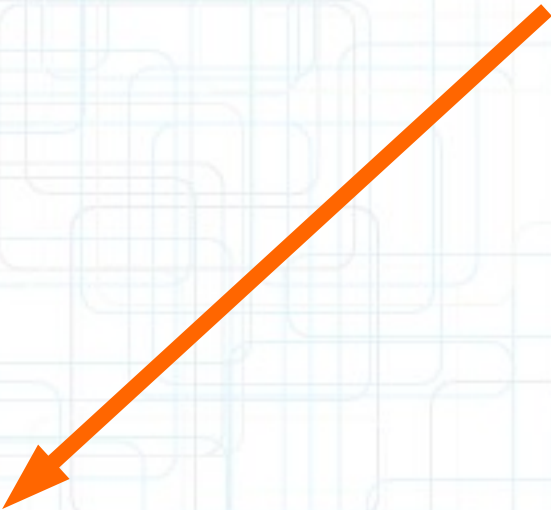
Was ist LoRa?

- LoRa steht erst einmal für Long Range also große Reichweite. Der Hersteller hat es aber nicht grundlos so genannt.

Was ist LoRa?

- Welche Betriebsarten kennen wir im Amateurfunk?
- SSB
- FM
- AM
- CW
- Digimode
- ATV

Was ist LoRa?

- Welche Betriebsarten kennen wir im Amateurfunk?
 - SSB
 - FM
 - AM
 - CW
 - Digimode (dazu gehört auch D-ATV)
 - ATV
- 

Digimodes im Amateurfunk

- CW
- FT8
- Packet Radio
- DMR
- D-Star
- C4FM
- HamNet
- WSPR
- Und vieles mehr...



Digimodes im Amateurfunk

- **CW** (ja, ist digital! Entweder Taste gedrückt oder nicht! Egal wie lang)
- **FT8**
- **Packet Radio**
- **DMR**
- **D-Star**
- **C4FM**
- **HamNet**
- **WSPR**
- **Und vieles mehr...**



Digimodes im Amateurfunk

- **CW** (ja, ist digital! Entweder Taste gedrückt oder nicht! Egal wie lang)
- **FT8**
- **Packet Radio**
- **DMR**
- **D-Star**
- **C4FM**
- **HamNet**
- **WSPR**
- **Und vieles mehr...**

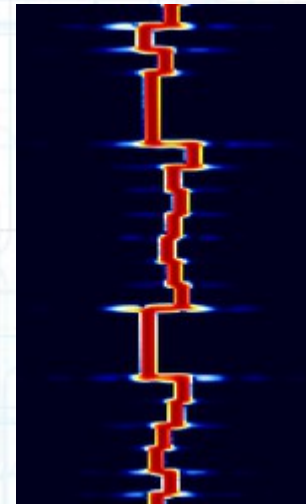


Mit was ist LoRa vergleichbar?

- Eigentlich mit nichts wirklich
- Es vereint große Reichweite von bekannten Digimodes mit hoher Datenrate von bekannten Digimodes

Beispiel FT8

- Benötigt festes Zeitfenster (wenn man weiß wonach man sucht, findet man es leichter)
- Töne im Abstand von 6,25 Hz
- Frequenzumtastung MFSK8
- 79 Bit in 13,48s
- Bis -24dB
- Benötigt ein Funkgerät und PC mit Soundkarte sowie Funkgerätesteuerung
- Von Joe Taylor K1JT entwickelt



Beispiel Packet Radio

- Kein festes Zeitfenster benötigt
- Töne bei 1200 Hz und 2200 Hz
- AFSK mit 1200 und 2400 Baud (Symbole pro Sek)
- FSK mit 9600 Baud (1200 Byte pro Sekunde)
- Benötigt Funkgerät
- Benötigte zusätzlichen TNC zum PC. Der TNC bereitet die Daten für den PC vom Funkgerät auf.



Beispiel C4FM

- Kein festes Zeitfenster benötigt
- 4 Töne
+900 Hz; -900 Hz; +2700 Hz; -2700 Hz
- 4800 Baud
- Jedes Symbol hat 2 Bit.
Dadurch 9600 bps brutto
- Von Yaesu erfunden

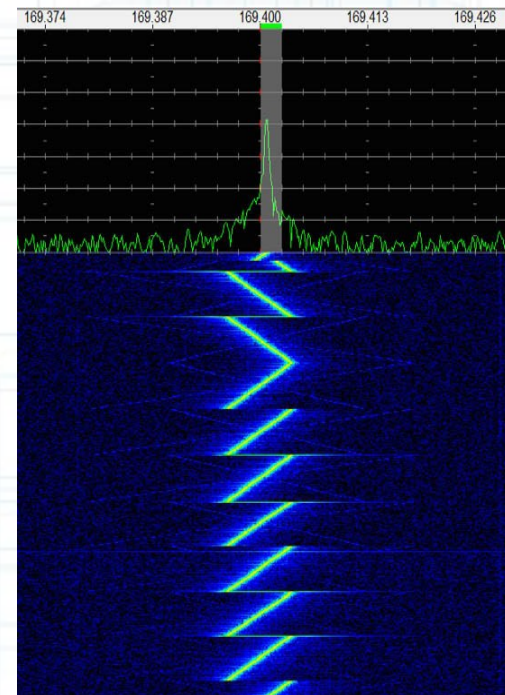
LoRa

- Entwickler ist die LoRa-Alliance und Hersteller ist z.B.: Semtech
- Variable Geschwindigkeiten (für die Entfernung optimale Geschwindigkeit)

- Sendet mit dem „Chirp“
Symbole werden als „Chips“ bezeichnet

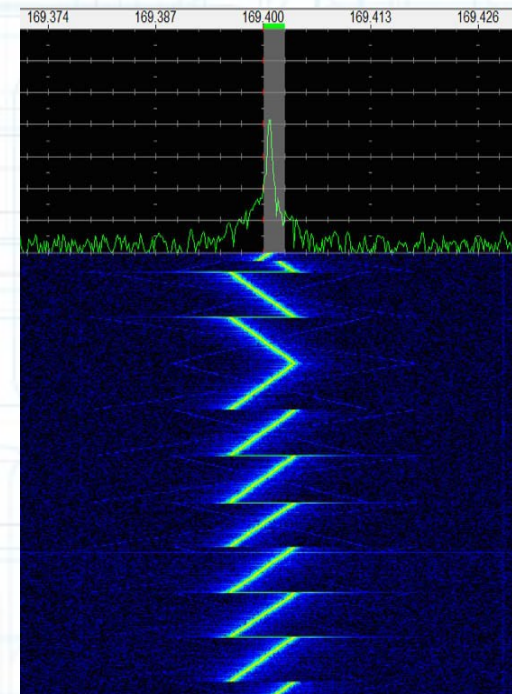
Synchronisiert sich auf eine Preamble beliebiger Geschwindigkeit

- Breitbandig, daher störsicherer
- Semtech bietet vollintegrierte Chips zur direkten Verwendung
- Module mit allen Bauteilen z.B. von HopeRF



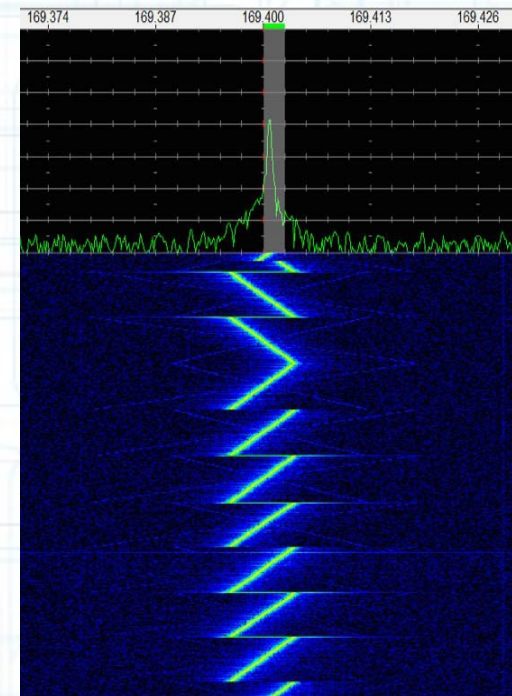
LoRa-Modul RFM98

- Unterschiedliche Geschwindigkeiten und Bandbreiten
- Vorgegebene Frequenz von 430.000 bis 440.000 MHz
- Vorgegebene Spreizfaktoren SF7 bis SF12
- Vorgegebene Bandbreiten
7,8kHz; 10,4kHz; 15,5kHz; 20,8kHz
31,25kHz; 41,7kHz; 62,5kHz
125kHz; 250kHz und 500kHz
- Vorgegebene Codingrate
4/5, 4/6, 4/7, 4/8



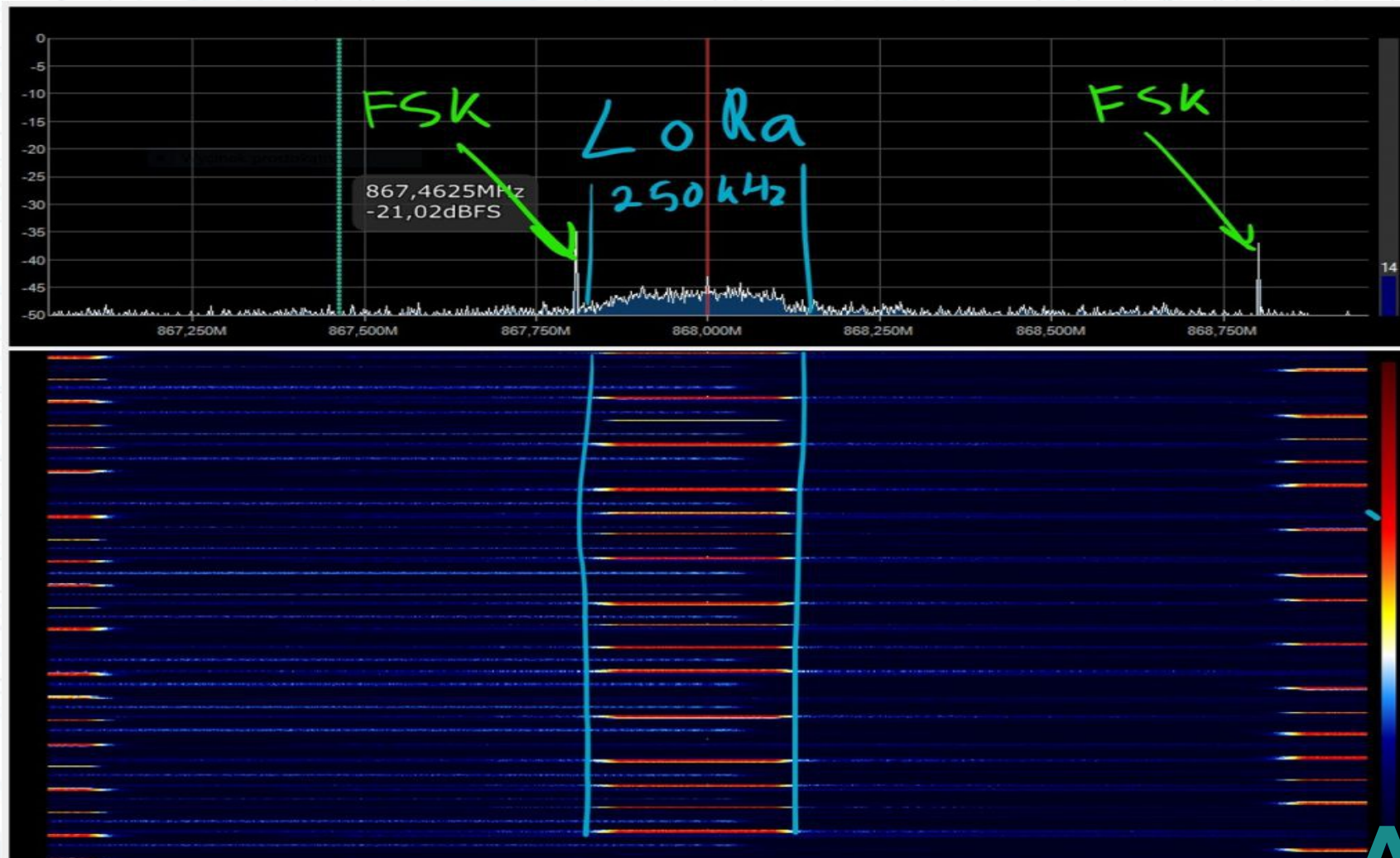
LoRa-Modul RFM98

- Vorgegebene Preamblelänge zwischen 6 und 65535
- Vorgegebenes Synchronwort von 0x00 bis 0xFF
- Mit oder mit ohne CRC ;-)
- Mit oder mit ohne InvertIQ ;-)
- Vorgegebene Sendeleistung von -3dBm bis +30dBm
- Empfindlichkeit bis -148dBm
- IIP3 = -12,5 dBm



LoRa

- Vergleich FSK mit LoRa



Tests mit LoRa

- **Breitbandig daher störsicherer**
Mit sendendem Handfunkgerät auf Mittenfrequenz direkt neben dem Modul konnte keine Unterbrechung herbeigeführt werden.
- **Variable Geschwindigkeiten, daher optimal auf die Entfernung anpassbar.**
- **Entfernungen mit 10mW an liegender 0dBi-Antenne auf dem Tisch ergab 4,4km Distanz**
- **Entfernung mit vertikal stehender 0dBi-Antenne auf dem Tisch ergab 5,5km Distanz**

LoRa – was damit anstellen?

- Datenverbindung zwischen zwei Teilnehmer
- Datenverbindung mit mehreren Teilnehmer
- Gatewaymöglichkeit (routen übers Internet)
- Teilnehmer können sein:
 - Feststationen
 - Mobilstationen
 - Luftfahrzeuge
 - Raumfahrzeuge (siehe OSCAR)
 - Wettersonden (extreme Reichweite bei wenig Sendeleistung und Gewicht)
- Teilnehmer müssen keine Sichtverbindung wie bei HamNet haben
- Einfacher Selbstbau



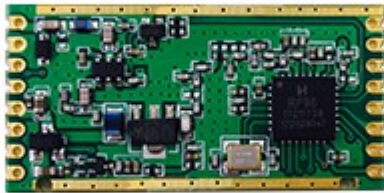
Wie wird LoRa zu LoRaHAM?

Wie wird LoRa zu LoRaHAM?

- Zwei Dinge sind nötig.

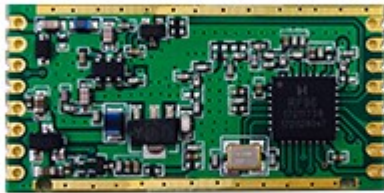
Wie wird LoRa zu LoRaHAM?

- Zwei Dinge sind nötig. Ein LoRa-Modul und ein Ham (englisch für Schinken).
- Vorzugsweise Schwarzwaldschinken.



Wie wird LoRa zu LoRaHAM?

- Zwei Dinge sind nötig. Ein LoRa-Modul und ein Ham (englisch für Schinken).
- Vorzugsweise Schwarzwaldschinken.



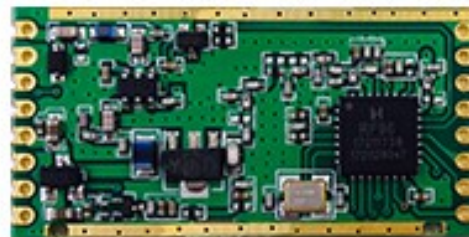
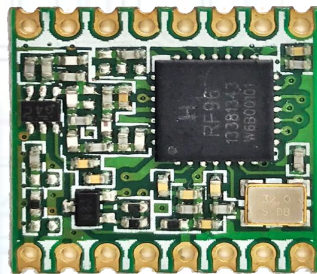
- Wer dies nicht witzig findet, sollte entweder Strg+W oder Alt+F4 oder Ctrl+W drücken. Dann kommt die Erklärung!

LoRa-Module



- Es gibt viele verschiedene Module mit unterschiedlichen Frequenzbereiche
- Für Amateurfunk interessant: 70cm-Band

- RFM98W
- RFM98PW

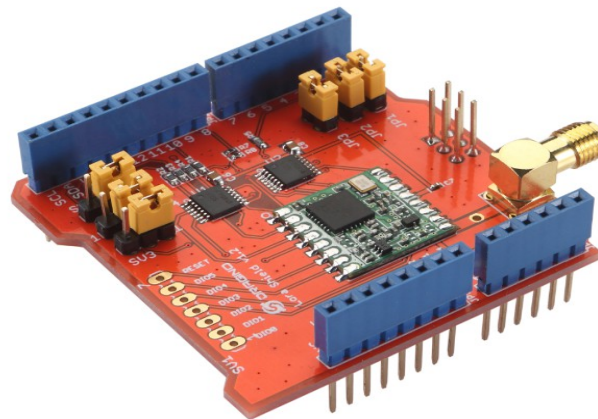


LoRa

- Bastelboards für Arduino und kompatible
Beispiel:



Arduino UNO

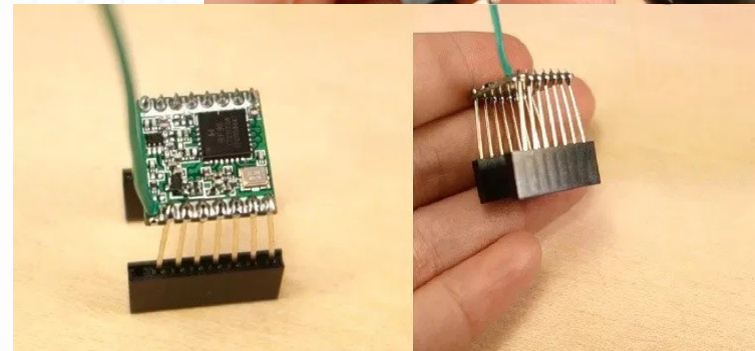
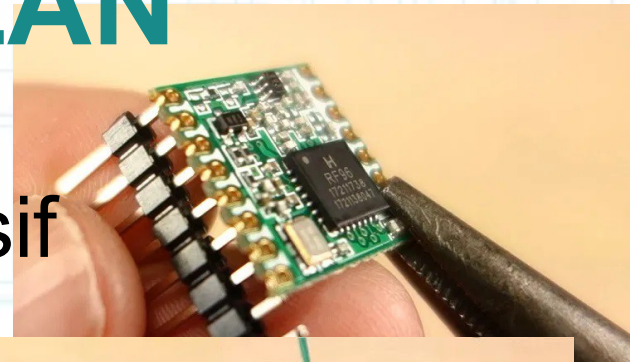


HiTech LoRa Shield

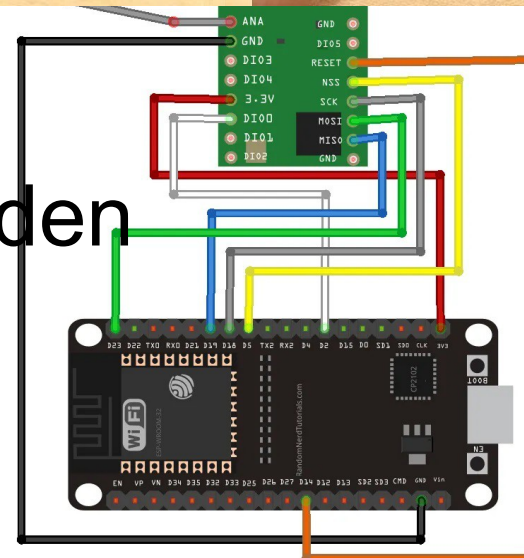
- Shield macht +20 dBm (100mW)
- Arduino UNO benötigt PC zur Kommunikation

LoRa mit WLAN

- LoRa mit ESP von Espressif



- Kann selbst gebastelt werden

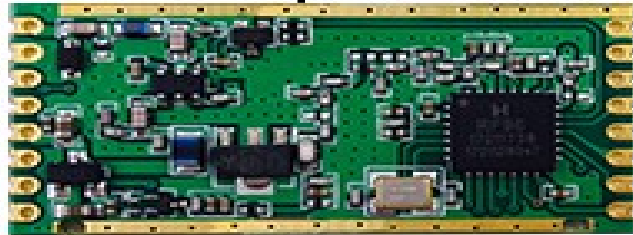


LoRa mit WLAN ESP32

- LoRa kann ohne PC betrieben werden
- ESP32 kann mittels WLAN ins eigene Netz eingebucht werden und LoRa-Daten übers Netzwerk gesendet und empfangen werden
- Es können Daten übers Internet gesendet und empfangen werden
- LoRa-Modul muss nicht per Kabel am PC angeschlossen werden (z.B. Dachboden)
- LoRa kann selbst vom PC mit Arduino IDE programmiert werden (open source)

LoRa mit hoher Sendeleistung

- Nur für den Amateurfunker
- Sendeleistung 1 Watt
- Momentan mit HopeRF RFM96PW



- Nur mit Bastelkenntnissen verwendbar
- Passende Fertigmodule gibt es

LoRa mit ESP32 und 1 Watt

- Gualtherius LoRaHAM ESP32
- Fertiges Board ohne Basteln
- Mit ESP32
- Mit LoRa-Funkmodul von HopeRF
- 1 Watt (+30dBm) Senderleistung (perfekt für Amateurfunker)
- u.FL Antennenanschluss



LoRa mit ESP32 und 1 Watt

- Gualtherius LoRaHAM ESP32 mit HopeRF
- u.FL Antennenanschluss
- Reset und BootP
- Micro-USB



Wer braucht LoRa?

Wer braucht LoRa?

- Jeder vernünftige Funkamateurl

Was kann man damit machen?

- Relaisfunkstellen ohne Internet fernsteuern
- LoRa kann IP-Daten übertragen
- LoRa kann eine SSH-Verbindung z.B. für RasPi übertragen
- LoRa kann eine Brücke für HamNet darstellen, um Gebiete im Funkschatten dennoch zu erreichen.
- LoRa als Amateurfunkanwendung kann Ballonmissionen um ungeahnte Reichweiten erweitern
- LoRa kann Amateurfunksatelliten ohne Richtantennen nutzbar machen
- LoRa kann so vieles das mir momentan nicht einfällt und von Euch erweitert werden

Gibt es Quellcodes?

- Ja

Gibt es Quellcodes?

- Beispiel LoRaTest

```
LoRaTest | Arduino 1.8.12
Datei Bearbeiten Sketch Werkzeuge Hilfe
LoRaTest
/*
 *
 * This code is designed for Gualtherius LoRaHAM. Pinout and PCB for 1 Watt of freedom.
 *
 * here comes some cool text in future.
 *
 * IDE : Arduino 1.8.12
 * Lib : arduino-LoRa 0.7.2 by sandeepmistry
 * Board: Gualtherius LoRaHAM ESP32 V1.00
 *
 * created 04.11.2020
 * by Alexander Walter
 *
 * based on LoRa from Tom Igoe
 *
 * https://github.com/sandeepmistry/arduino-LoRa/blob/master/API.md
 */
#include <SPI.h> // include libraries
#include <LoRa.h>

const int csPin = 5; // LoRa radio chip select
const int resetPin = 13; // LoRa radio reset
const int irqPin = 35; // change for your board; must be a hardware interrupt pin

int LoRaFreq= 433500E3;

byte msgCount = 0; // count of outgoing messages
int interval = 2000; // interval between sends
long lastSendTime = 0; // time of last packet send

void setup() {
  Serial.begin(9600); // initialize serial
  while (!Serial);

  Serial.println("LoRa Duplex - Set spreading factor");

  // override the default CS, reset, and IRQ pins (optional)
  LoRa.setPins(csPin, resetPin, irqPin); // set CS, reset, IRQ pin

  if (!LoRa.begin(LoRaFreq)) { // initialize radio at 915 MHz
    Serial.println("LoRa init failed. Check your connections.");
    while (true); // if failed, do nothing
  }

  LoRa.setTxPower(0); // Set the frequency of the radio
}

01
```



Gibt es Quellcodes?

- Beispiel LoRaTest

```
LoRaTest | Arduino 1.8.12
Datei Bearbeiten Sketch Werkzeuge Hilfe

LoRaTest

if (!LoRa.begin(LoRaFreq)) { // initialize radio at 915 MHz
  Serial.println("LoRa init failed. Check your connections.");
  while (true); // if failed, do nothing
}

LoRa.setFrequency(LoRaFreq); // Change the frequency of the radio.
LoRa.setSpreadingFactor(7); // ranges from 6-12,default 7 see API docs
LoRa.setSignalBandwidth(125E3); // Supported values are 7.8E3, 10.4E3, 15.6E3, 20.8E3, 31.25E3, 41.7E3, 62.5E3, 125E3, 250E3, and 500E3. defaults to 125E3
LoRa.setCodingRate(5); // Supported values are between 5 and 8,defaults to 5
LoRa.setPreambleLength(8); // Supported values are between 6 and 65535. defaults to 8
LoRa.setSyncWord(0x12); // byte value to use as the sync word, defaults to 0x12

LoRa.enableCrc();
LoRa.disableCrc(); // Enable or disable CRC usage, by default a CRC is not used.

LoRa.enableInvertIQ();
LoRa.disableInvertIQ(); // Enable or disable Invert the LoRa I and Q signals, by default a invertIQ is not used.

LoRa.setTxPower(10); // TX power in dB, defaults to 17
Serial.println("LoRa init succeeded.");
}

void loop() {
  if (millis() - lastSendTime > interval) {
    String message = "HeLoRa World! 2WA "; // send a message
    message += msgCount;
    sendMessage(message);
    Serial.println("Sending " + message);
    lastSendTime = millis(); // timestamp the message
    interval = random(2000) + 1000; // 2-3 seconds
    msgCount++;
  }

  // parse for a packet, and call onReceive with the result:
  onReceive(LoRa.parsePacket());
}

void sendMessage(String outgoing) {
  LoRa.beginPacket(); // start packet
  LoRa.print(outgoing); // add payload
  LoRa.endPacket(); // finish packet and send it
  msgCount++; // increment message ID
}

```



Gibt es Quellcodes?

- Beispiel LoRaTest

```
LoRaTest | Arduino 1.8.12
Datei Bearbeiten Sketch Werkzeuge Hilfe

LoRaTest
LoRa.useActiveInvertiq(); // Enable or disable invert the LoRa I and Q signals, by default a invertiq is not used.

LoRa.setTxPower(10); // TX power in dB, defaults to 17
Serial.println("LoRa init succeeded.");
}

void loop() {
  if (millis() - lastSendTime > interval) {
    String message = "HeLoRa World! 2WA "; // send a message
    message += msgCount;
    sendMessage(message);
    Serial.println("Sending " + message);
    lastSendTime = millis(); // timestamp the message
    interval = random(2000) + 1000; // 2-3 seconds
    msgCount++;
  }

  // parse for a packet, and call onReceive with the result:
  onReceive(LoRa.parsePacket());
}

void sendMessage(String outgoing) {
  LoRa.beginPacket(); // start packet
  LoRa.print(outgoing); // add payload
  LoRa.endPacket(); // finish packet and send it
  msgCount++; // increment message ID
}

void onReceive(int packetSize) {
  if (packetSize == 0) return; // if there's no packet, return

  // read packet header bytes:
  String incoming = "";

  while (LoRa.available()) {
    incoming += (char)LoRa.read();
  }

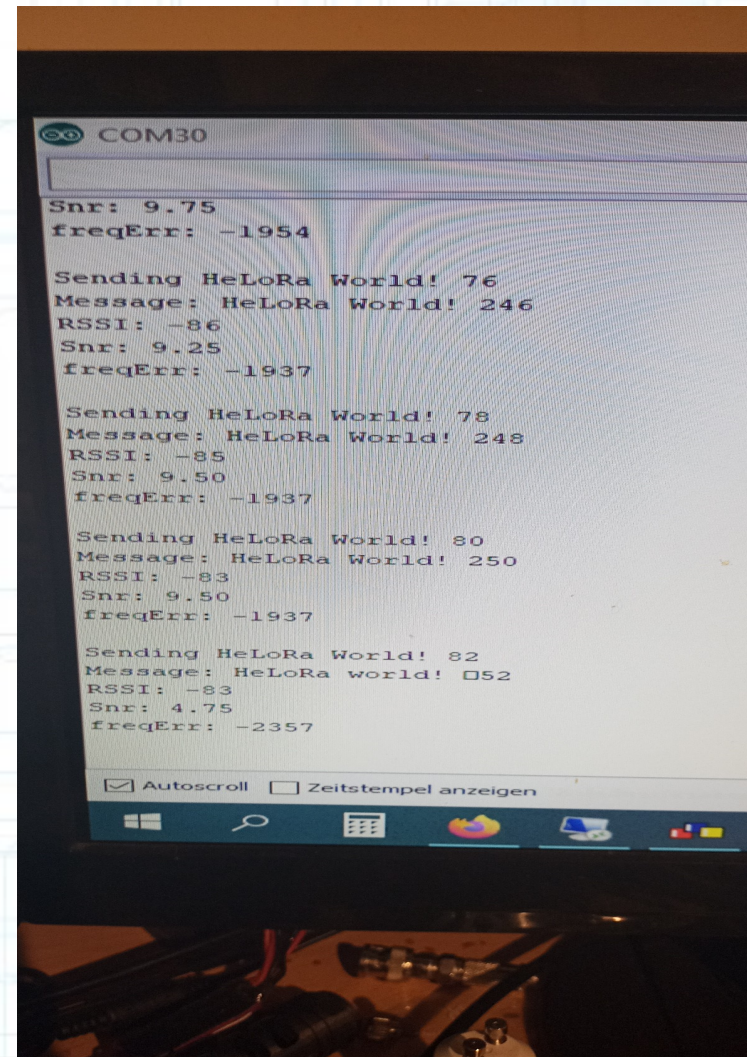
  Serial.println("Message: " + incoming);
  Serial.println("RSSI: " + String(LoRa.packetRssi()));
  Serial.println("Snr: " + String(LoRa.packetSnr()));
  Serial.println("freqErr: " + String(LoRa.packetFrequencyError()));
  Serial.println();
}
}

78
```



Wie sieht der Test aus?

- Beispiel LoRaTest
- Daten werden von zwei Teilnehmern sowohl gesendet als auch empfangen

A photograph of a computer monitor displaying a terminal window titled 'COM30'. The terminal shows the output of a LoRa test, including signal strength (Snr), error rates (freqErr), and received signal strength (RSSI) for four consecutive transmissions. The messages are 'HeLoRa World!' followed by a unique ID (76, 78, 80, 82). The Windows taskbar is visible at the bottom of the screen.

```
COM30
Snr: 9.75
freqErr: -1954

Sending HeLoRa World! 76
Message: HeLoRa World! 246
RSSI: -86
Snr: 9.25
freqErr: -1937

Sending HeLoRa World! 78
Message: HeLoRa World! 248
RSSI: -85
Snr: 9.50
freqErr: -1937

Sending HeLoRa World! 80
Message: HeLoRa World! 250
RSSI: -83
Snr: 9.50
freqErr: -1937

Sending HeLoRa World! 82
Message: HeLoRa world! 052
RSSI: -83
Snr: 4.75
freqErr: -2357

 Autoscroll  Zeitstempel anzeigen
```

Was gibt es sonst noch zu sagen?



Was gibt es sonst noch zu sagen?

- Vielen Dank für Eure Teilnahme am Vortrag



- Bleibt gesund!
- Vy 73 de Alex

Quellenkennzeichnung

- <https://www.sigidwiki.com/wiki/FT8>
- <https://wiki.oevsv.at/index.php?title=FT8>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Packet_Radio
- <https://de.wikipedia.org/wiki/C4FM>
- <https://www.link-labs.com/blog/what-is-lora>
- <https://quadmeup.com/lora-versus-fsk-modulation-signal-spectrum/>
- <https://www.uei.com/iot-lora-alliance-logo-svg/>
- <https://www.hoperf.com/modules/lora/index.html>
- <https://hitechchain.se/iot/dragino-lora-shield-support-433m-frequency>
- <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- <https://hackaday.com/2018/06/24/lora-with-the-esp32/>
- <https://www.mouser.se/ProductDetail/Espressif-Systems/ESP32-DevKitC-32D?qs=%252BEew9%252B0nqrDsObWEpDx6YQ%3D%3D>
- <https://aw-elektronik.de/>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Amateurfunker>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Funkamateur#Ham>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Schinken>
- <https://aw-elektronik.de/LoRa/LoRaTest.ino.txt>
- https://www.gualtherius.de/product_info.php?products_id=1
- https://de.m.wikipedia.org/wiki/Das_Leben_des_Brian#Glaube_und_Dogmatismus

