

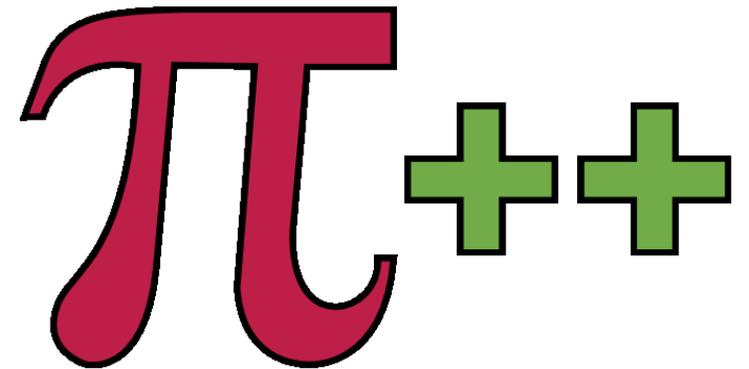
IoT, LoRa und LoRaWAN

Optimierte Funktechnik für eigene Lösungen im Internet der Dinge, eine Einordnung

Funkamateure und Maker

Was führt uns zusammen?

- Peter, Funkamateur – Rufzeichen DL3PW im Vorstand des Funkamateurclub Weinheim
- Unsere Weinheimer UKW-Tagung ist seit 65 Jahren Plattform zum Austausch aktuellen Wissens rund um den Amateurfunk
- Der Raspberry Pi kommt auch immer mehr in Themen rund um den Amateurfunk zum Einsatz
- IoT bringt immer mehr Funkanwendungen (Bluetooth, LoRaWAN...) die Jeder nutzen kann
- LoRaWAN Netzes in der Metropolregion Rhein-Neckar durch Maker und Funkamateure:
LoRa Gateway auf Raspberry Pi Basis, Antennen, sparsame Elektronik für Bienenstockwaagen, Standortsuche etc.
- Hieraus möchte ich heute einige Hintergründe geben, wie man die Funkseite optimieren kann



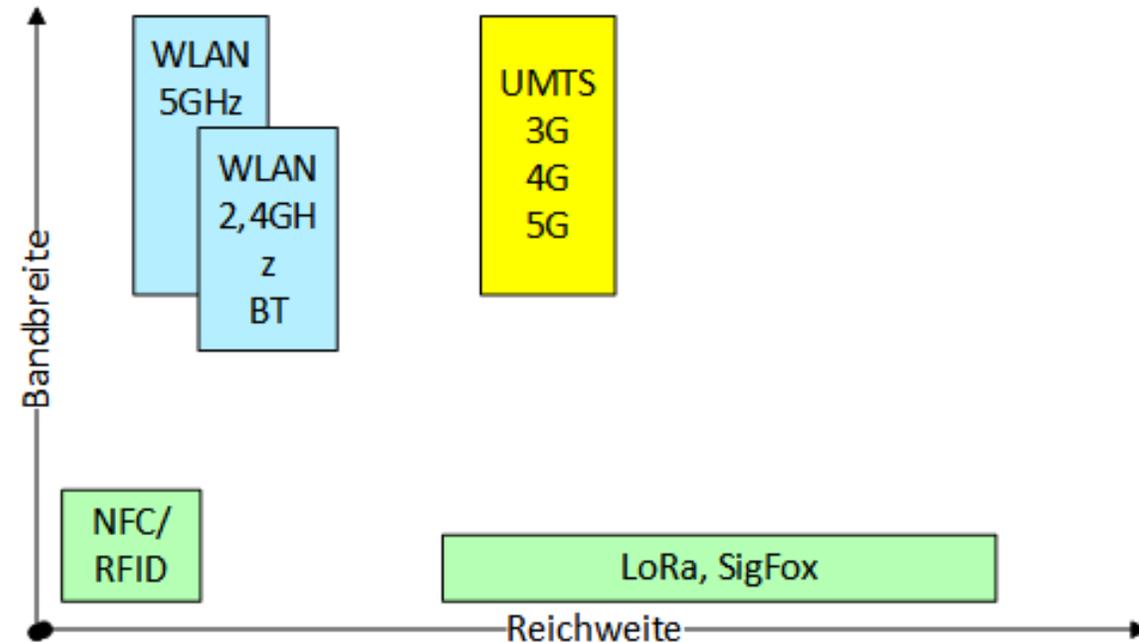
Wann LoRa?

Die Funktechnologien

- WLAN, BT – hohe Datenrate, kleine Reichweiten
- Mobilfunk – braucht viel Energie
- NFC – keine Datenrate, kurze Reichweite
- LPWAN – kleine Datenpäckchen, große Reichweite

LPWAN (Low Power Wide Area Network)

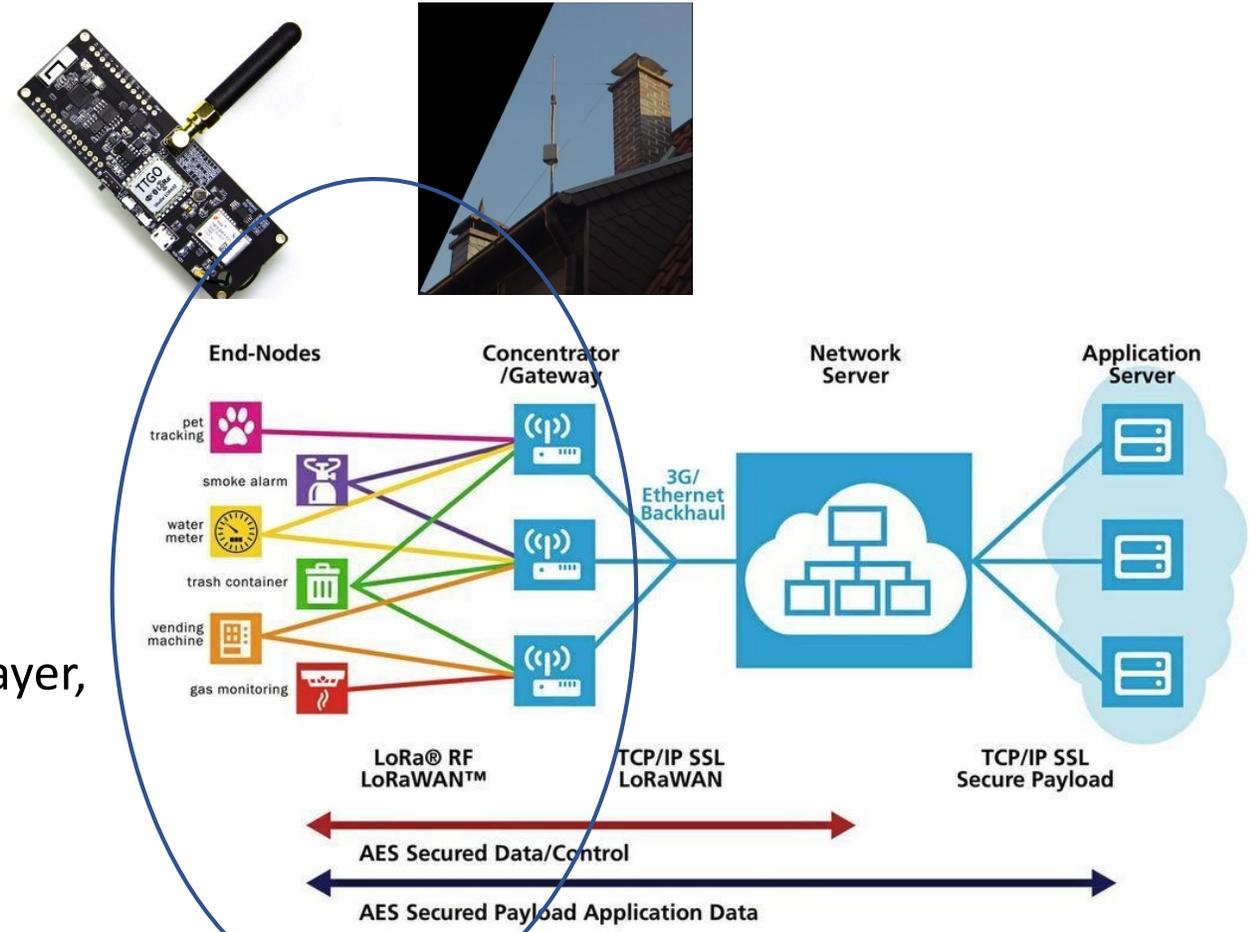
- NB-IOT – basiert auf LTE, subscription based
- Sigfox – Bindung an Netzbetreiber, suscription
- **LoRa – TTN Community LoRaWAN Infrastruktur**
Funkstandard offen für eigene Lösungen



LPWAN – optimal für IoT mit batteriebetriebenen Sensoren LoRa – offener Standard, Eigenbetrieb möglich

Lora & LoRaWAN Bestandteile

- **LoRaWAN** – Long Range Wide Area Network MAC und Application Layer (LoRa Alliance)
- **LoRa** - Long Range Funktechnologie, physical Layer, Semtech patentierte Chirp Modulation
- **End Node** – Funkmodul (batteriebet.) Mikroprozessor für Sensoren
- **Gateway** - Funkmodul (multi channel) Mikroprozessor - netzversorgt, Internet

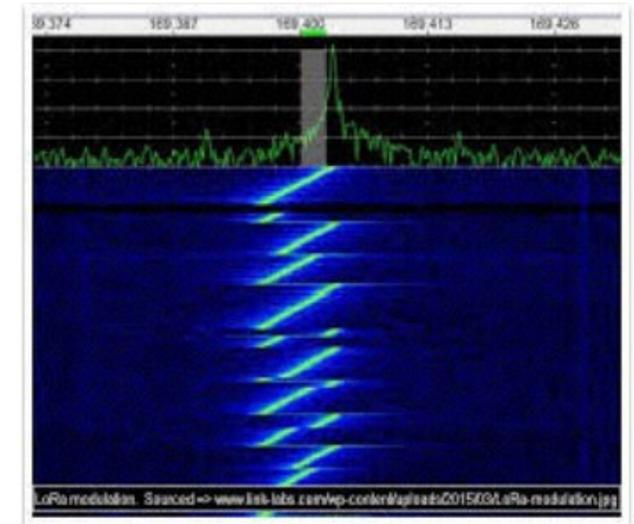


LoRa - mit minimaler Energie weit kommen

Die LoRa Modulation

LoRa

- Chirp Spread Spectrum (CSS)
- Chip Anbieter (patentiert, nur Semtech)



• In the table below, the SNR limit can be found for each Spreading Factor:

Spreading Factor	chips/symbol	SNR limit (dB) [2]
7	128	-7.5
8	256	-10
9	512	-12.5
10	1024	-15
11	2048	-17.5
12	4096	-20

Note: If the SF increases by 1, the SNR_{limit} changes by -2.5 dB



Kurzer Exkurs Watt is dB und dBm

Leistungspegel in dBm

$$L_p \text{ (dB)} = 10 \log_{10} (P1/P2)$$

P1 = beobachtete Größe

P2 = Bezugsgröße

dBm (Dezibel Milliwatt)

Warum sowas Kompliziertes wie Logarithmus?

Pegel (dBm), Verstärkung (+dB) und Dämpfung (-dB) können nun einfach addiert und subtrahiert werden.

Leistung	dBm	Faktor
10 μ W	-20 dBm	0,01
100 μ W	-10 dBm	0,1
1 mW	0 dBm	-
10 mW	10 dBm	10
100 mW	20 dBm	100
1 kW	60 dBm	1.000.000

Linkbudget und Reichweite von LoRa

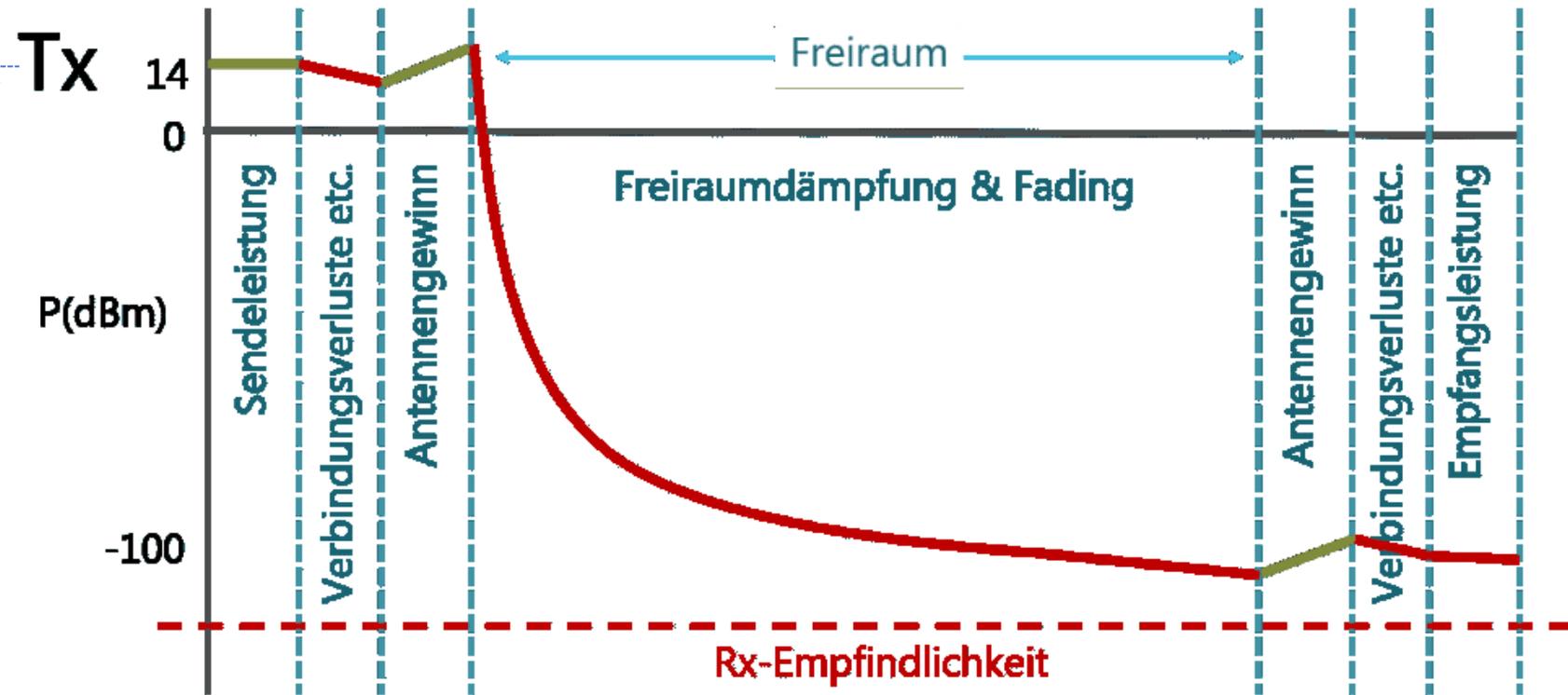
LoRa max. 25mW ~ +14dBm

Max Linkbudget LoRa:

$-137 \text{ dBm} - 14 \text{ dBm} = -151 \text{ dB}$

Rx Empfindlichkeit LoRa

Mode	min Pegel	S/N Limit
SF 7	-125 dBm	-7.5 dB
SF 8	-127 dBm	-10 dB
SF 9	-130 dBm	-12.5 dB
SF 10	-132 dBm	-15 dB
SF 11	-135 dBm	-17.5 dB
SF 12	-137 dBm	-20 dB

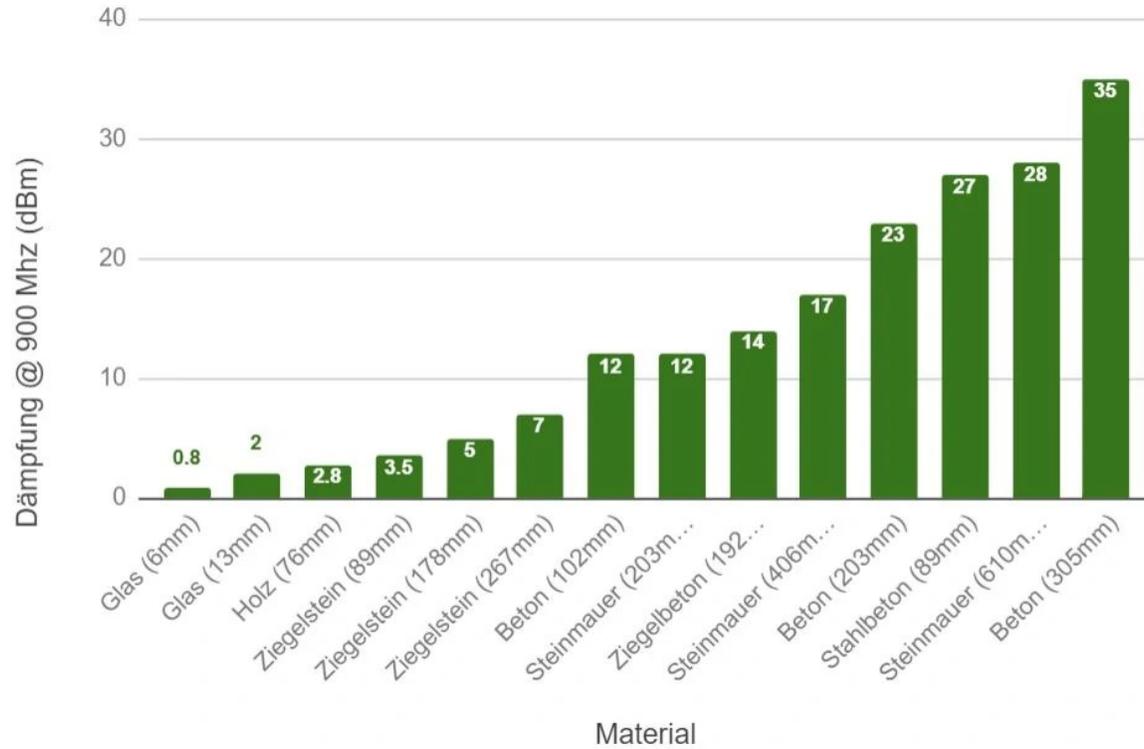


$$\text{Freiraumdämpfung [dB]} = 20 \log_{10} (d) + 20 \log_{10} (f) - 147,55$$

d: Abstand Sender zu Empfänger [m] f: Frequenz [Hz]

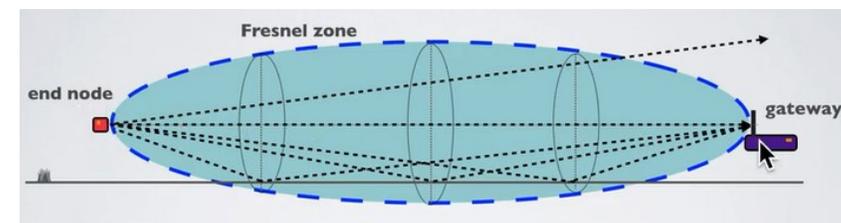
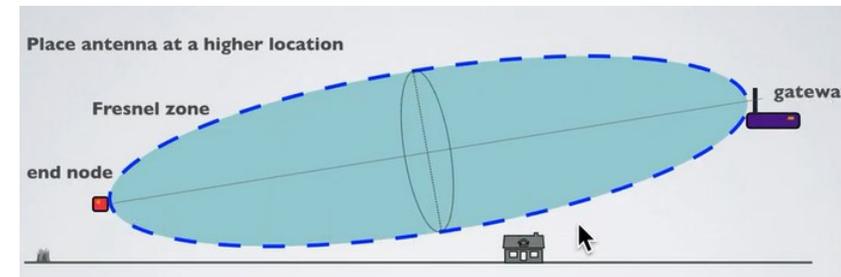
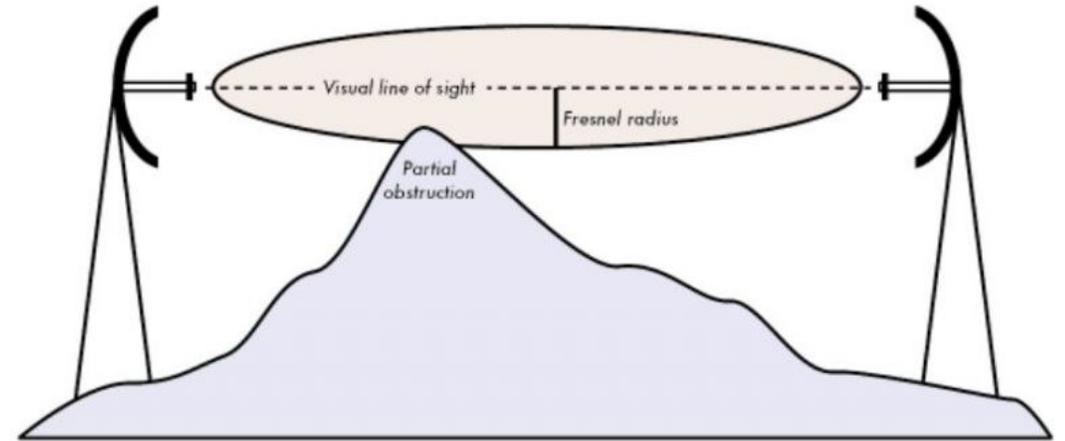
-150 dB ergibt bei 868 MHz eine maximale Distanz von **800 km**
(Weltrekord liegt bei 702 km)

Wie kann ich 150 dB noch verbraten



-150 dB ergeben sich auch bei:

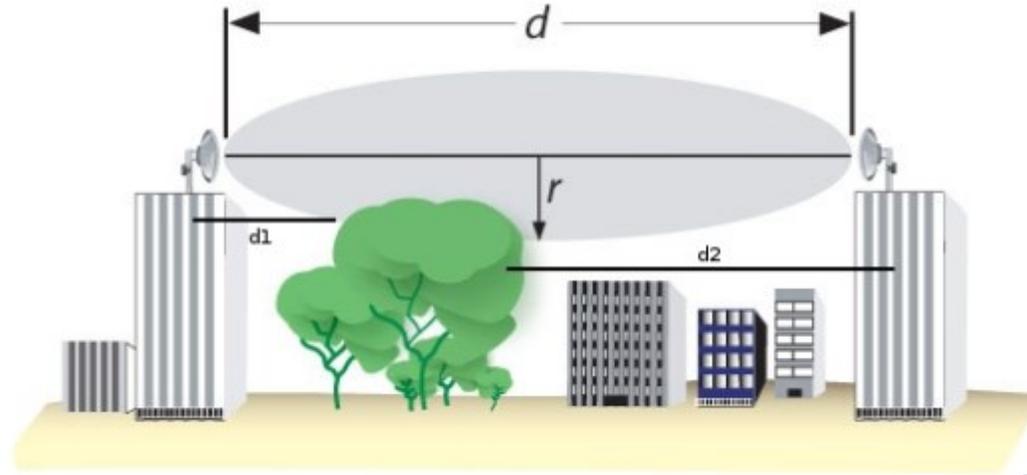
- 97 cm Glas
- 113 cm Stahlbeton
- 127 cm Beton



Bei 868 MHz

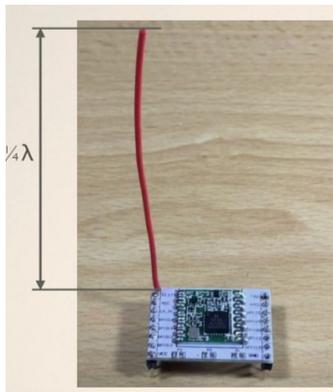
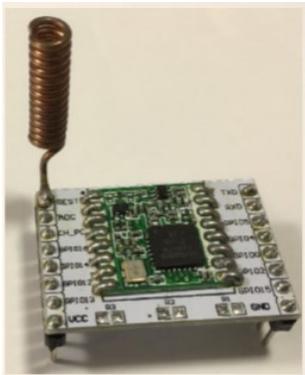
D (km)	r (m)
0.1	2.94
0.5	6.57
1.0	9.29
2.0	13.14
5.0	20.78
10.0	29.38

Dämpfung durch Gebäude und Vegetation



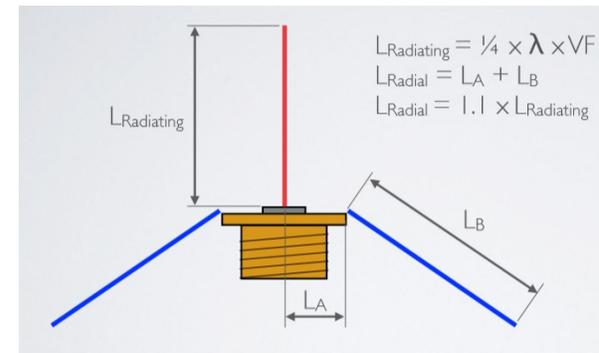
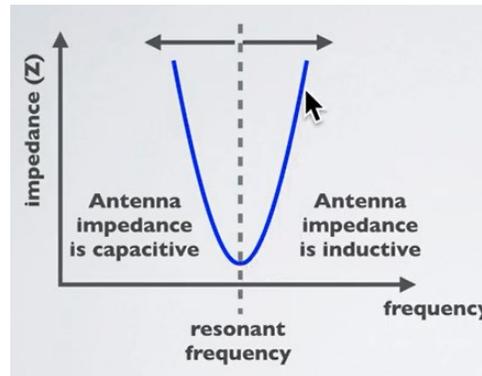
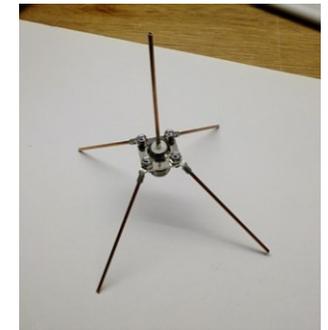
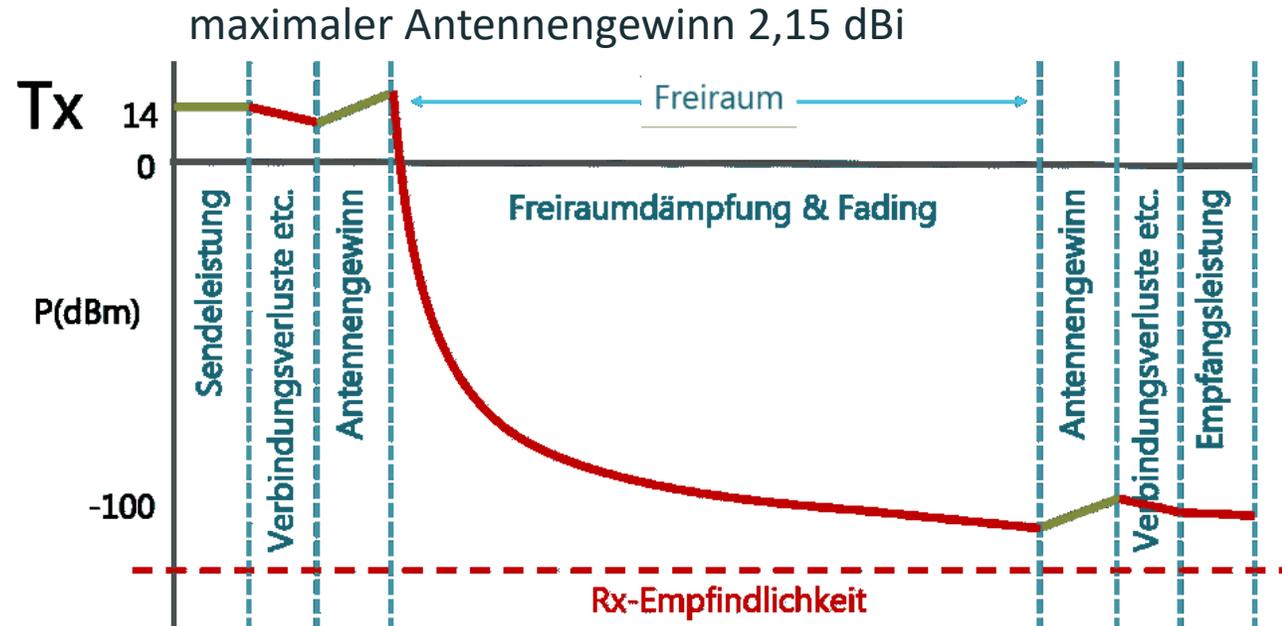
Verluste durch schlechte Antennenanpassung

LoRa max. +14dBm



LoRa module with a monopole antenna. It lacks a good ground plane. The module itself is used as the ground plane, which is not perfect!

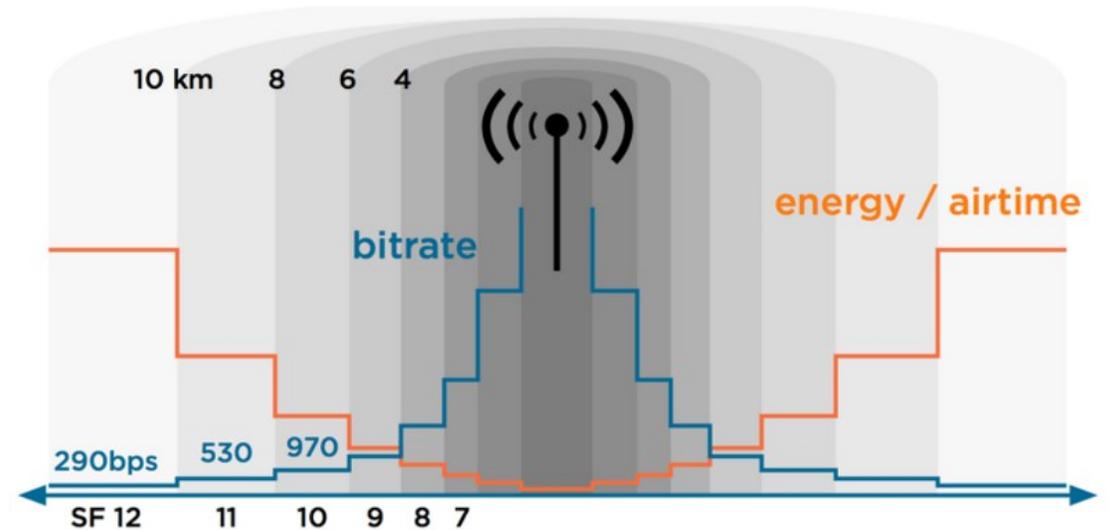
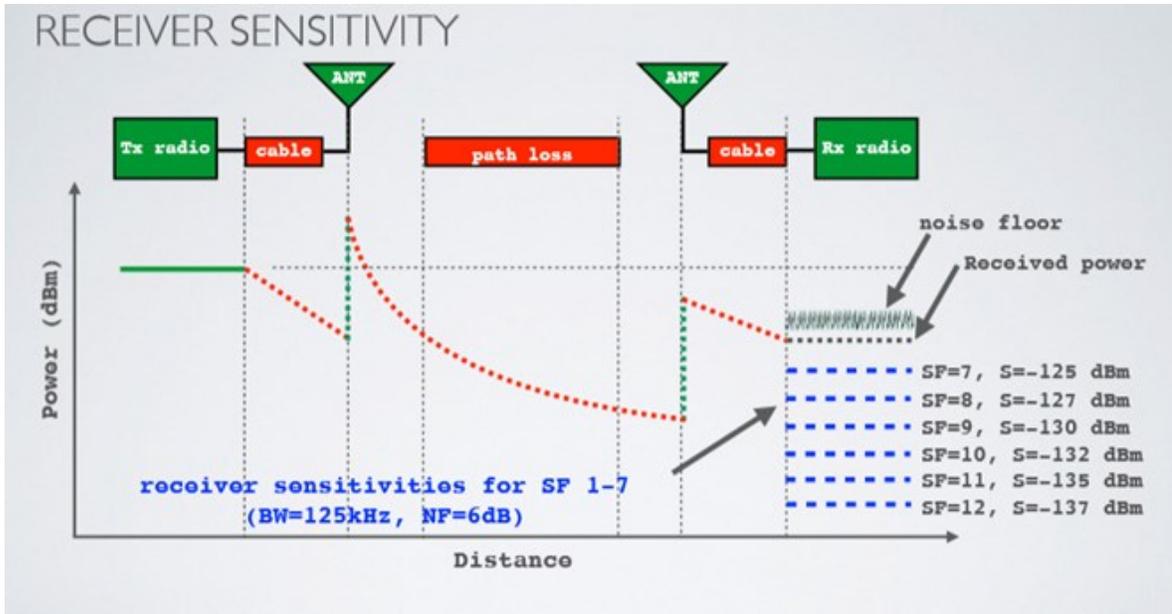
The antenna performance will not be good.



Reichweitenoptimierung bei LoRa

- **Standort des Gateways**
optische Sichtbarkeit zwischen den Tx- und Rx-Antennen (Fresnelzone). Mind. eine Seite auf einem Berg oder Mast, außen immer besser als innen.
- **Wahl der Antenne:**
Klassische Stabantennen konzentrieren die Energie in der horizontalen Ebene.
Keine Hindernisse in der unmittelbaren Nähe der Antenne.
- **Wahl des Verbindungsmaterials:**
Qualitäts-Stecker (N-Stecker) und Kabel (Verlust von weniger als 1,5 dB pro 100 m). Länge der Verbindung zwischen Station und Antennen möglichst gering halten.
- **Nähe zu anderen Funkanlagen oder Störquellen vermeiden**
Starke Funksignale verstopft den Empfänger, ein erhöhtes Rauschen reduziert die Empfindlichkeit.

Was bringt die Reichweitenoptimierung?



Data Rate (Spreading Factor)	Sensitivity	Time On Air
SF7	-123.0 dBm	41 ms
SF8	-126.0 dBm	72 ms
SF9	-129.0 dBm	144 ms
SF10	-132.0 dBm	288 ms
SF11	-134.5 dBm	577 ms
SF12	-137.0 dBm	991 ms

- Spart Energie und erhöht damit die Batterielaufzeit
- Ich darf mehr Daten übertragen
(TTB fair use policy: Senden nur 30 Sek. / Tag)
(gesetzlich max. 864 Sek. / Tag -> Erläuterung)

Regulierung der Funkfrequenzen in DE

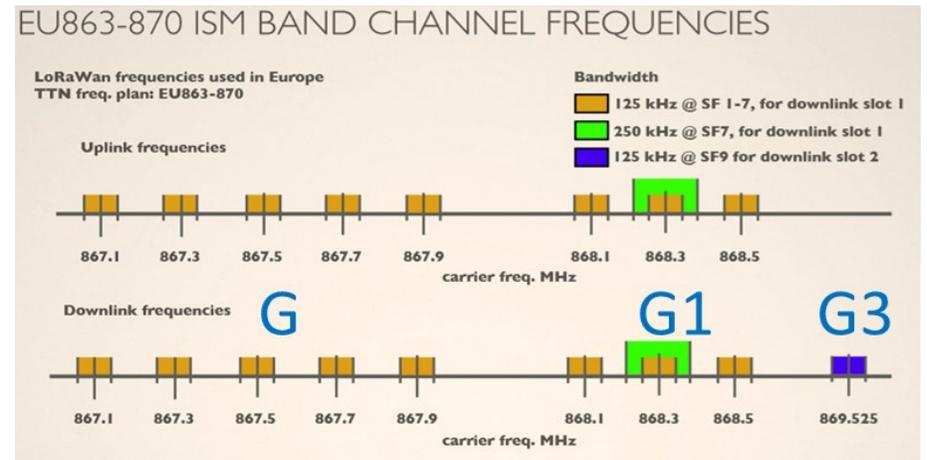
- Von LoRa verwendete ISM Bänder sind EU 863-870 , Asien 433 , US 915
- ISM (Industrial, Scientific and Medical) – lizenzfreie Frequenzbänder, in EU Regeln durch ETSI

Deutschland - ETSI Regulierung (CEPT Rec. 70-03) mit nationalen Zusätzen:

„Allgemeinzuteilung von Frequenzen zur Nutzung durch Funkanwendungen geringer Reichweite (SRD – Short Range Devices)“

- **EU433**: 433,050 - 434,790 MHz – 10 mW ERP
 - Älteres Funkband mit vielen Anwendungen (Babyphone, PMR Funkgeräte, Funkthermometer...), in EU kein LoRa definiert
 - Teil des 70cm Amateurfunkbandes (Primärnutzer) -> Nutzung von LoRa Modulen 433 z.B. für APRS
- **EU 863-870** ETSI teilt das in 5 Unterbänder, LoRa nutzt G, G1, G3

Name	Band (MHz)	Limitations
G	863.0 – 868.0	ERP<25 mW – duty cycle < 1%
G1	868.0 – 868.6	ERP<25 mW – duty cycle < 1%
G2	868.7 – 869.2	ERP<25 mW – duty cycle < 0.1%
G3	869.4 – 869.65	ERP<500 mW – duty cycle < 10%
G4	869.7 – 870.0	ERP<25 mW – duty cycle < 1%



Gesetzliche Vorgaben vs. TTN „fair use policy“

Regulierung EU863-870

- Uplink (G,G1)
max. 25 mW (14 dBm); Duty cycle - 1,0% pro Tag auf einem Sub-Band (G, G1) (= 864 Sekunden)
- Downlink auf G2
max 500mW (27 dBm); Duty cycle - 10,0% pro Tag auf G2

The Thinks Network operator „fair use“ policy

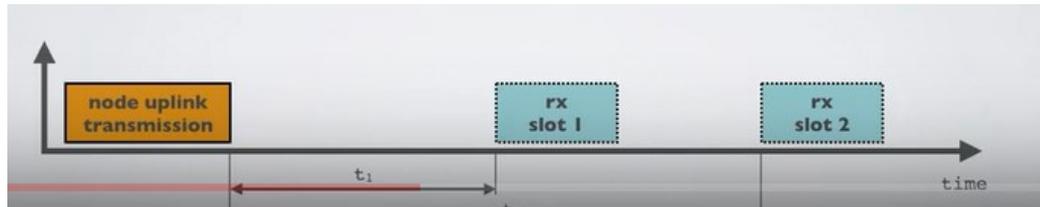
- Uplink airtime 30 sec pro Tag und Node
- Downlink max. 10 Meldungen pro Tag und Node

Bei Nutzung des TTN sind die Vorgaben des TTN zu beachten
In eigenen Netzwerken darf ich die Frequenzbänder bis zum gesetzlichen Limit verwenden

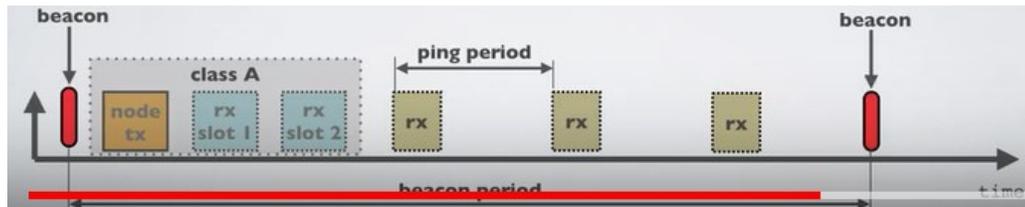
Es gibt noch mehr zu entdecken

Energiebedarf für Downlink Empfang vs. Reaktionszeit...

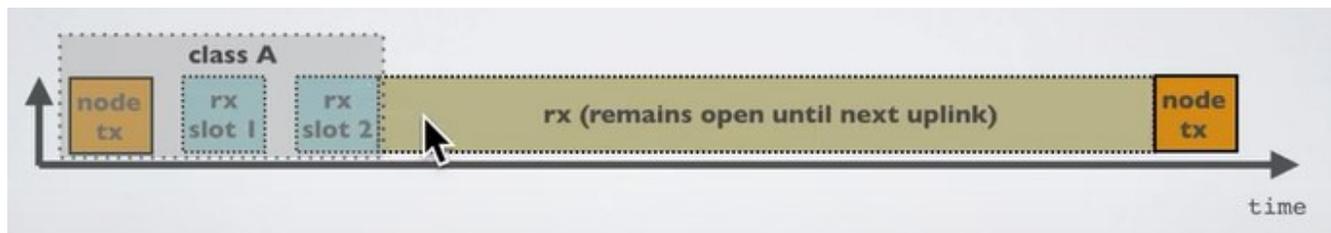
A (All) - 2 kurze Empfangsfenster nach dem Senden (Gateway kann nur eins nutzen)

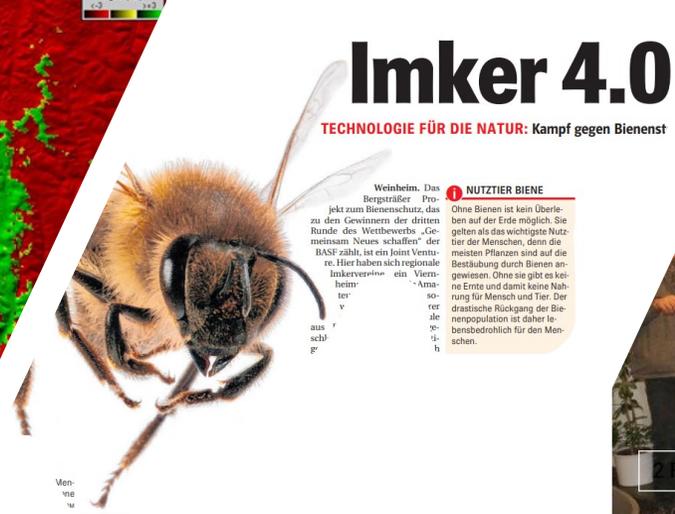
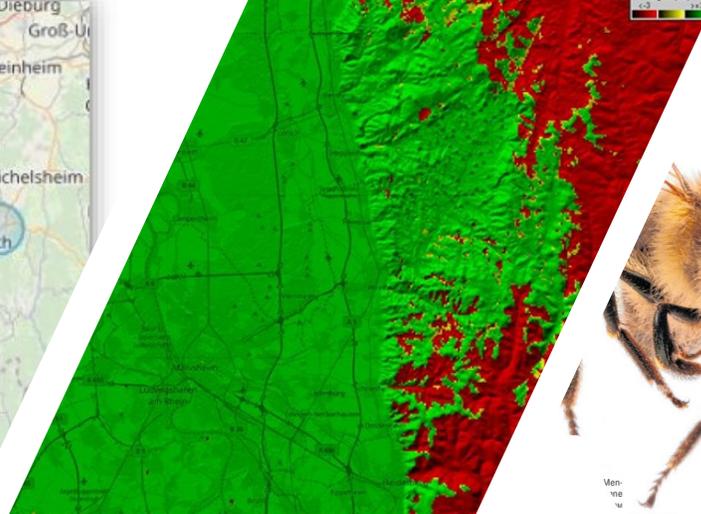


B (Beacon) - zusätzliche Empfangsfenster von Gateway synchronisiert zusätzlich zu A



C (Continuous) – Dauerempfang zusätzlich zu A (nicht kompatibel zu B)





TTN Kreis Bergstraße
Funkamateurlub Weinheim
www.DL0WH.de
DL3PW@facw.org

