

Amateurfunk ist der Weg,
um das Interesse an der Technik zu wecken

LoRa

Was ist LoRa?

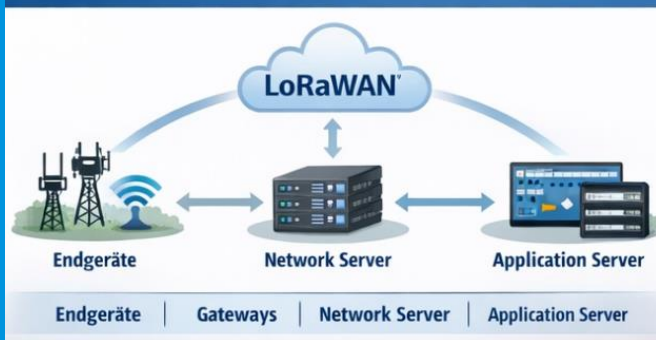
- Long Range, Low Power
- Chirp Spread Spectrum (CSS)
- Robust gegen Störungen



Warum Mesh-Netze?



LoRaWAN Netzwerkarchitektur



Systemvergleich

	LoRa	LoRaWAN	Meshtastic	MeshCom
Modulation	✓	✓	✓	✓
Netzwerktyp	Punkt-zu-Punkt	Sternnetz	Mesh	Mesh
Infrastruktur	Nein	Gateways	Nein	Nein
Zielgruppe	Alle	IoT	Outdoor	Notfunk

Ich möchte das Publikum befragen....

WER WIRD MILLIONÄR?

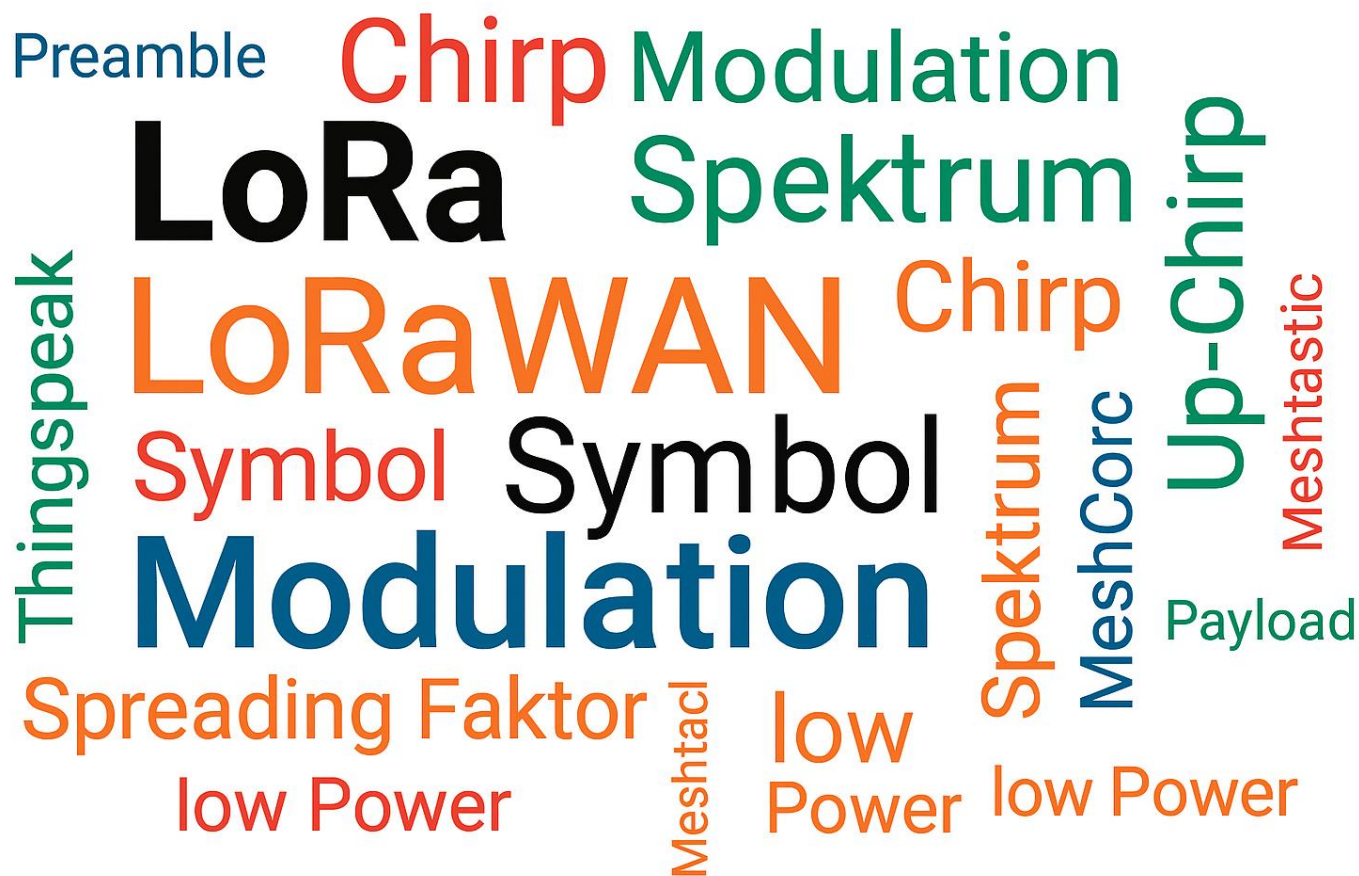
Was ist LoRa?

- A** Eine Modulationsart
- B** Meshcom
- C** Meshcore
- D** Meshtastic

50:50  



Was sagt Euch der Begriff LoRa ?





Warum ist plötzlich dieses Thema wichtig?

Low-Power-Wide-Area-Networks (LPWAN) und Mesh-Netze sind heute zentrale Bausteine moderner Kommunikation:

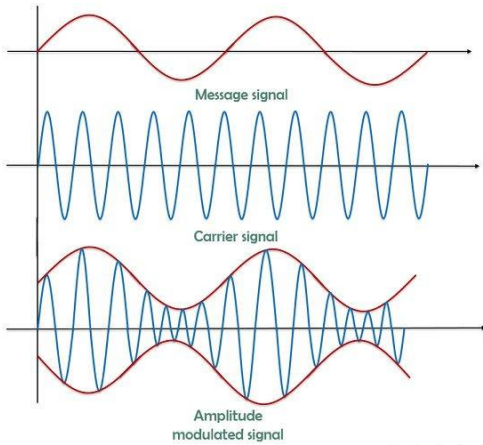
- Sie funktionieren **ohne Mobilfunk**,
- sind **energieeffizient**,
- haben **große Reichweiten**,
- und sind **ideal für Notfunk, Sensorik und Outdoor-Kommunikation**.
- Arbeitet mit dem **Frequenzpreizverfahren**

LoRa, LoRaWAN und Mesh-Systeme ergänzen sich, bedienen aber unterschiedliche Anforderungen.

**Lora ist nicht nur für Nerds interessant,
sondern ermöglicht dem Amateurfunk neue Wege**

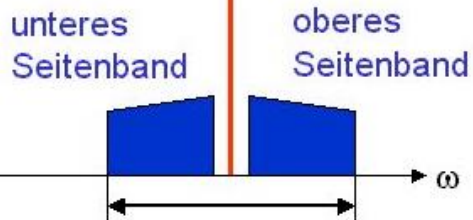
1.1 Klassische-Modulationsarten

AM

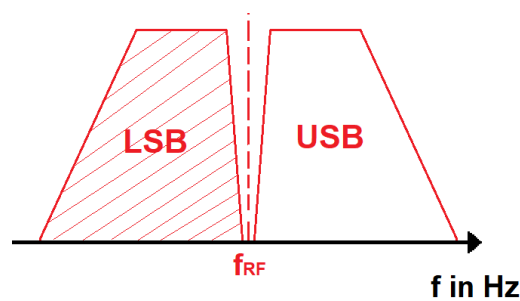
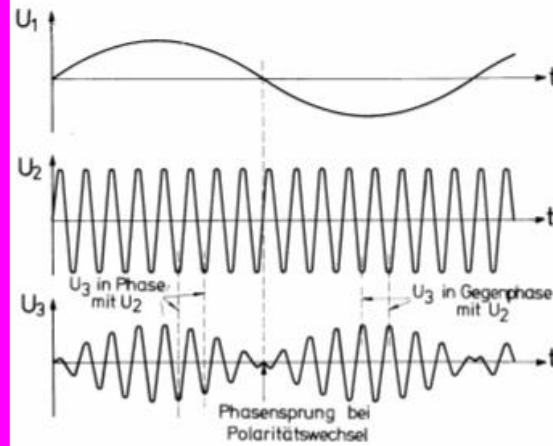


Electronics Desk

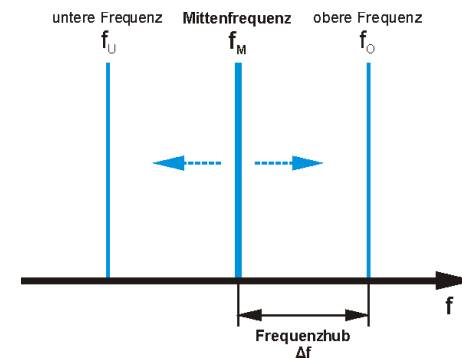
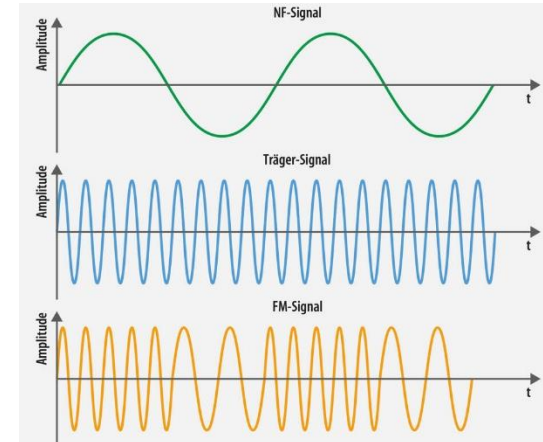
Träger



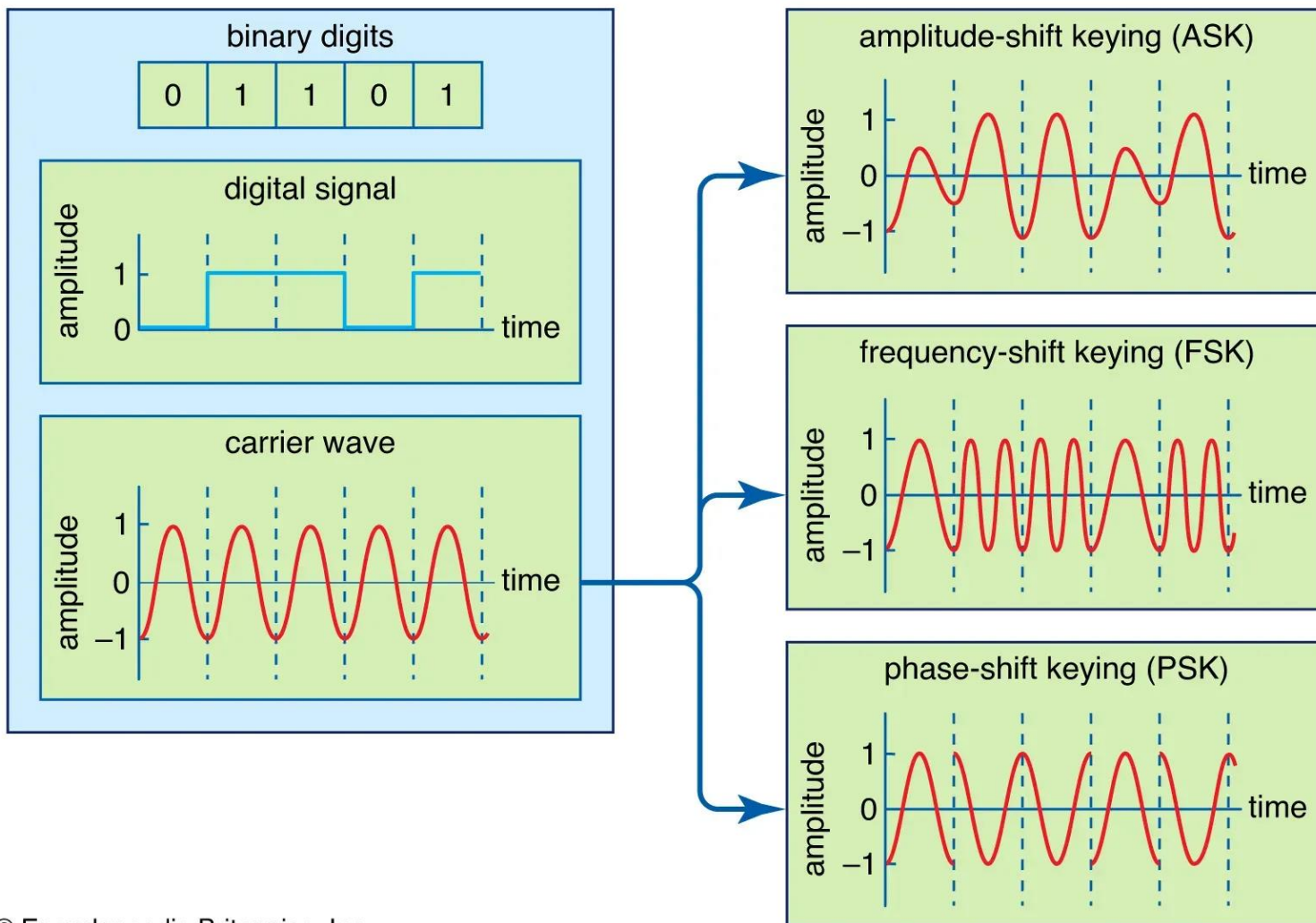
SSB



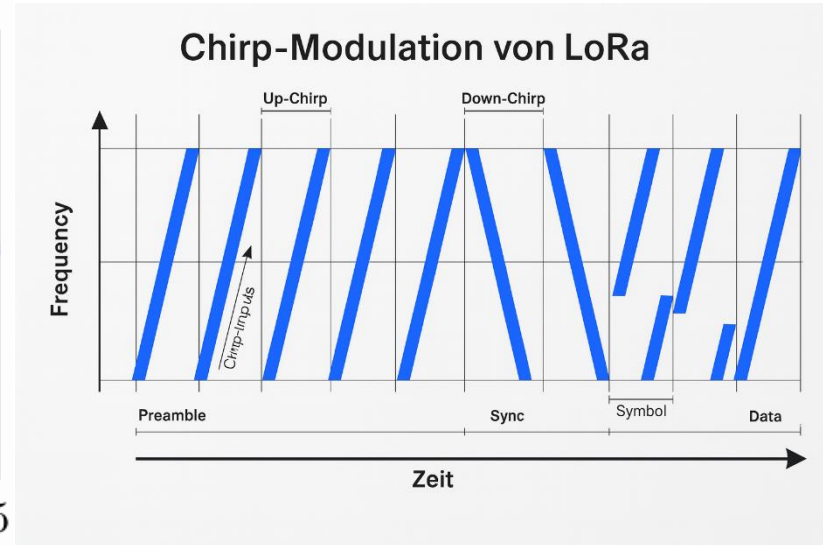
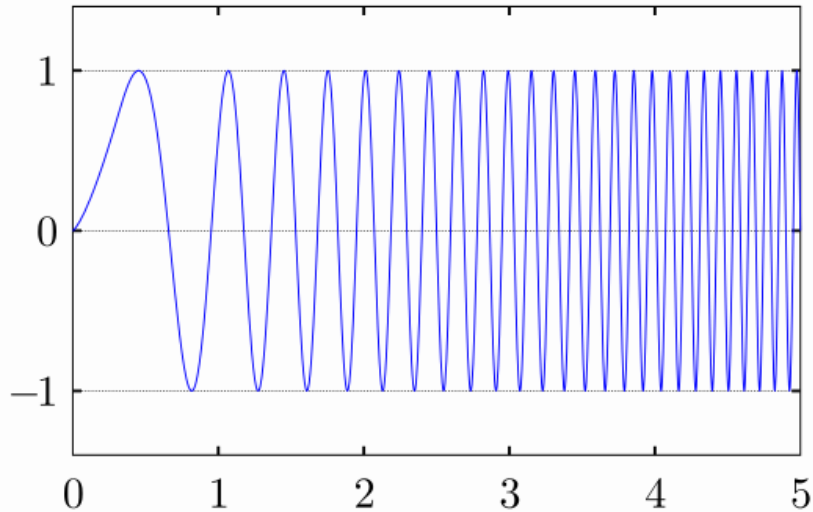
FM



1.1 Klassische-Modulationsarten



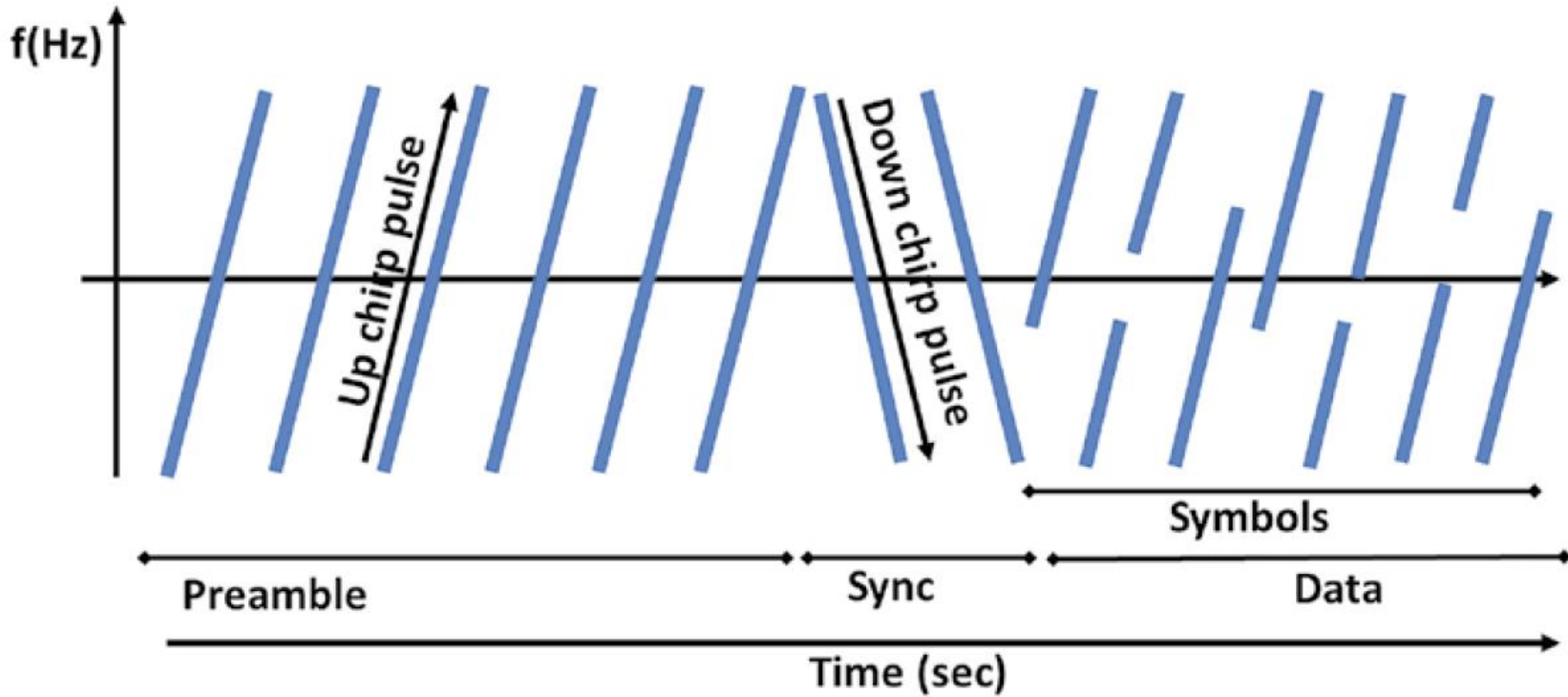
1.2 LoRa Modulation



- Frequenz „gleitet“ über Bandbreite
- Chirp Spread Spectrum (CSS)
- Extrem robust gegen Störungen



1.2 LoRa Modulation

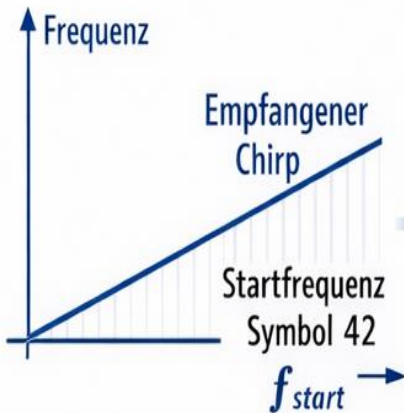


1.3 LoRa Demodulation



LoRa-Symbolerkennung im Chirp-Signal

Empfangssignal



Empfangssignal (UpChirp mit Offset)

Ein vereinfachter UpChirp kann man schreiben als:

$$s(t) = \cos\left(2\pi\left(f_0t + \frac{k}{2}t^2\right)\right)$$

Das ist wichtig:

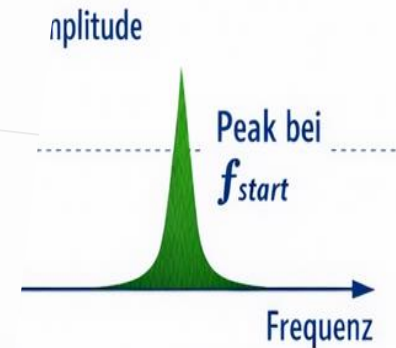
- Frequenz steigt linear (wegen t^2 -Term)

Lokaler DownChirp

$$d(t) = \cos\left(2\pi\left(f_1t - \frac{k}{2}t^2\right)\right)$$

- gleiche Steigung, aber negativ

FFT Analyse



- Empfang des Chirp-Signals,
- Multiplikation mit einem Referenz-Chirp (Dechirping),
- FFT-Analyse zur Erkennung der Startfrequenz und damit des Symbols.

1.4 LoRa Frequenzen

Standardfrequenzen der LoRa-Systeme

433 MHz Band

MeshCom 433,175 MHz \pm 62,5 kHz

← 433,1125 MHz ↔ 433,2375 MHz →

LoRa APRS 433,775 MHz \pm 62,5 kHz

← 433,7125 MHz ↔ 433,8375 MHz →

MeshCore 433,775 MHz \pm 62,5 kHz

← 433,7125 MHz ↔ 433,8375 MHz →

868 MHz Band

Meshtastic 869,525 MHz \pm 125 kHz

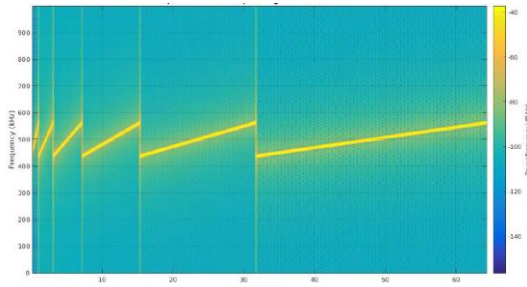
← 869,400 MHz ↔ 869,650 MHz →

MeshCore 869,618 MHz \pm 62,5 kHz

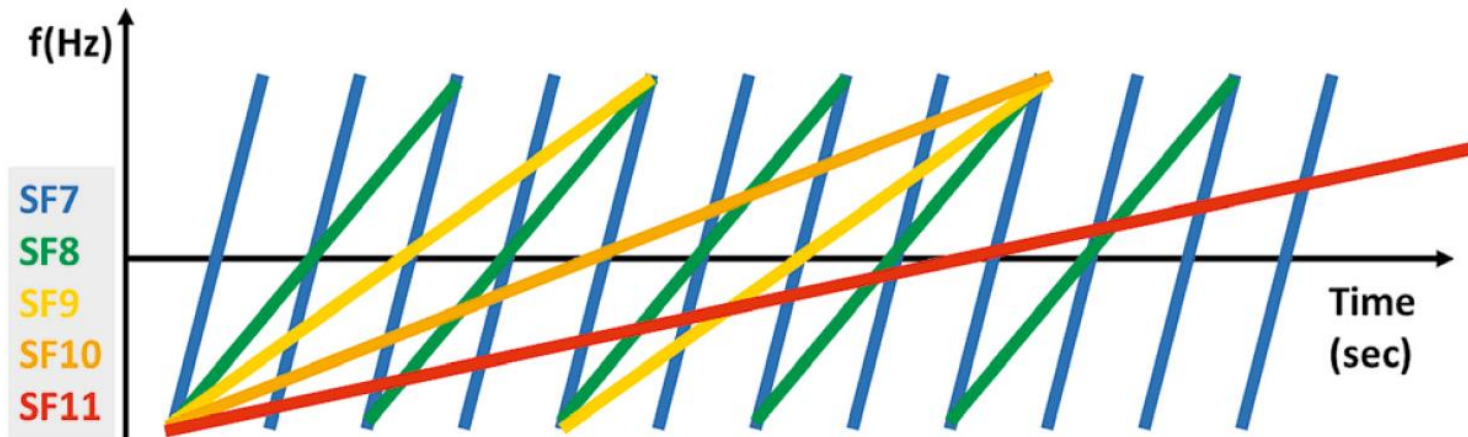
← 869,5555 MHz ↔ 869,6805 MHz →



1.5 LoRa Spreizfaktoren / Bandbreite



LoRa CSS modulation



LoRa nutzt verschiedene Bandbreiten:
62,5 kHz, 125kHz, 250kHz, 500kHz
LoRa nutzt die Spreizfaktoren SF7 bis SF12



1.5 Spreizfaktoren / Bandbreite

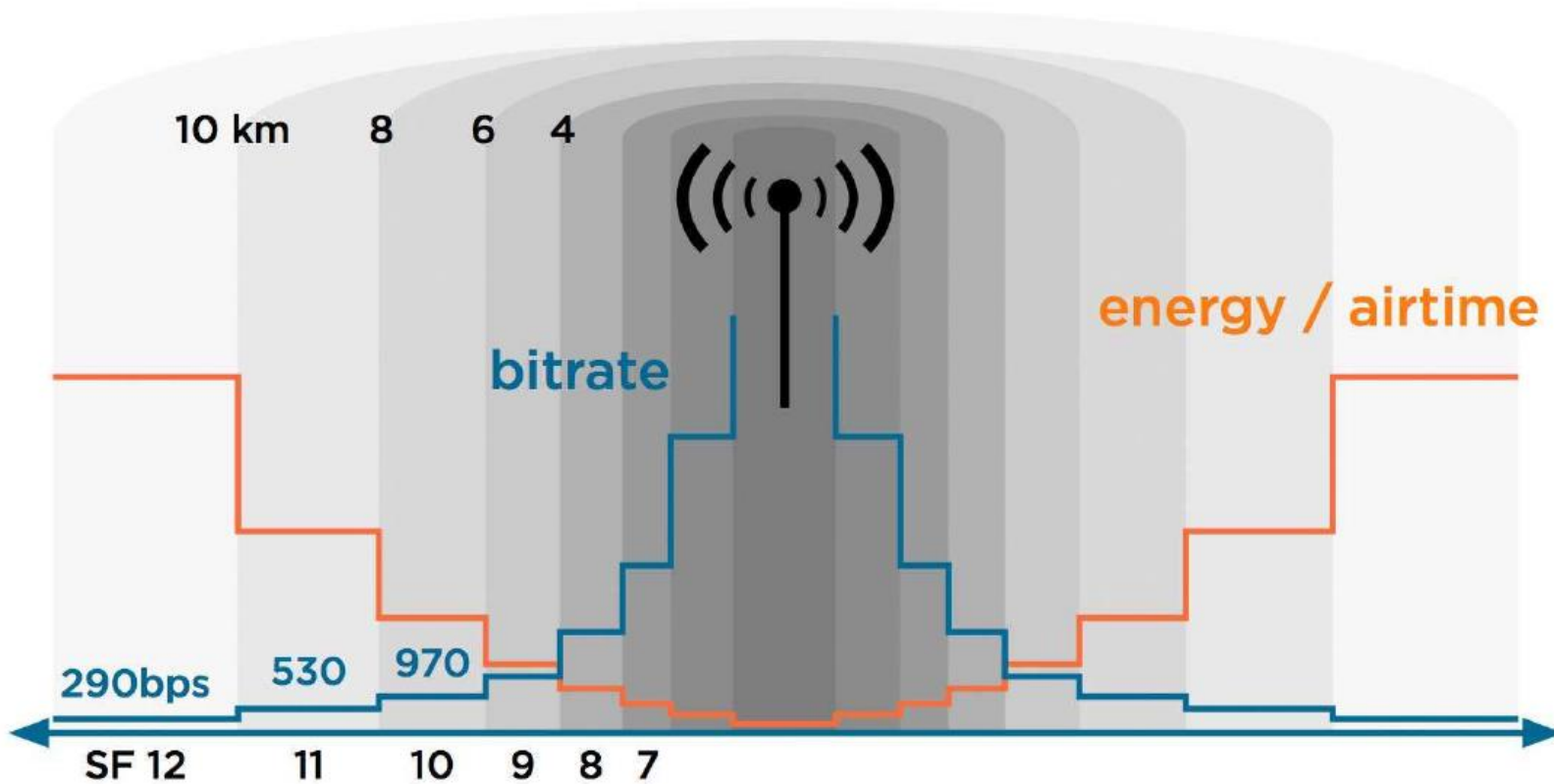
Spreizfaktor	Bandbreite	Datenrate
SF12	125 kHz	250 Bit/s
SF11	125 kHz	440 Bit/s
SF10	125 kHz	980 Bit/s
SF9	125 kHz	1.760 Bit/s
SF8	125 kHz	3.125 Bit/s
SF7	125 kHz	5.470 Bit/s
	250 kHz	11.000 Bit/s
FSK	50 kbps	50.000 Bit/s



1.6 Leistung und Time to Air

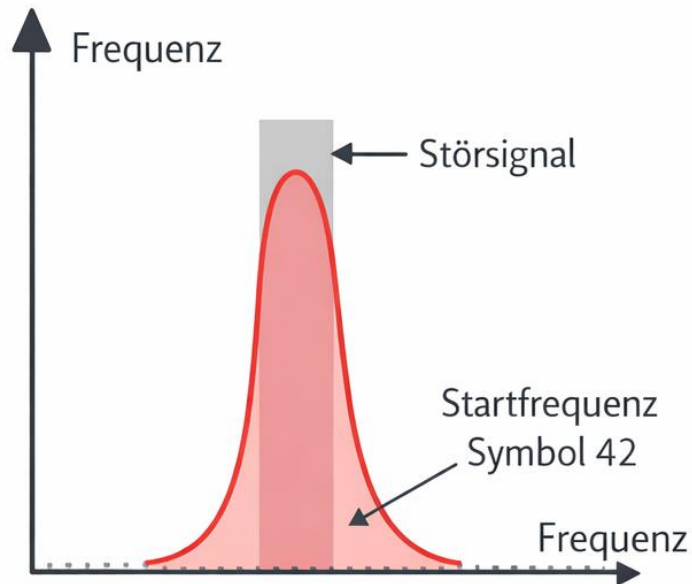
Subband (MHz)	max. ERP	zeitliche Nutzung, sog. <i>Tastgrad</i>
863,0–865,0	25 mW	<0,1 %
865,0–868,0	25 mW	<1 %
868,0–868,6	25 mW	<1 %
868,7–869,2	25 mW	<0,1 %
869,4–869,65	500 mW	<10 %
869,7–870,0	5 mW	<=10 %

1.7 Reichweiten

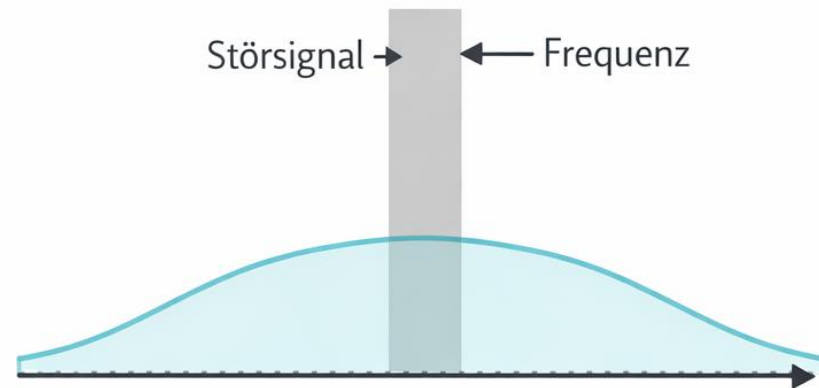


1.8 Störempfindlichkeit

Schmalband



Spread Spectrum (z.B. LoRa)





1.9 Signal / Rauschabstand

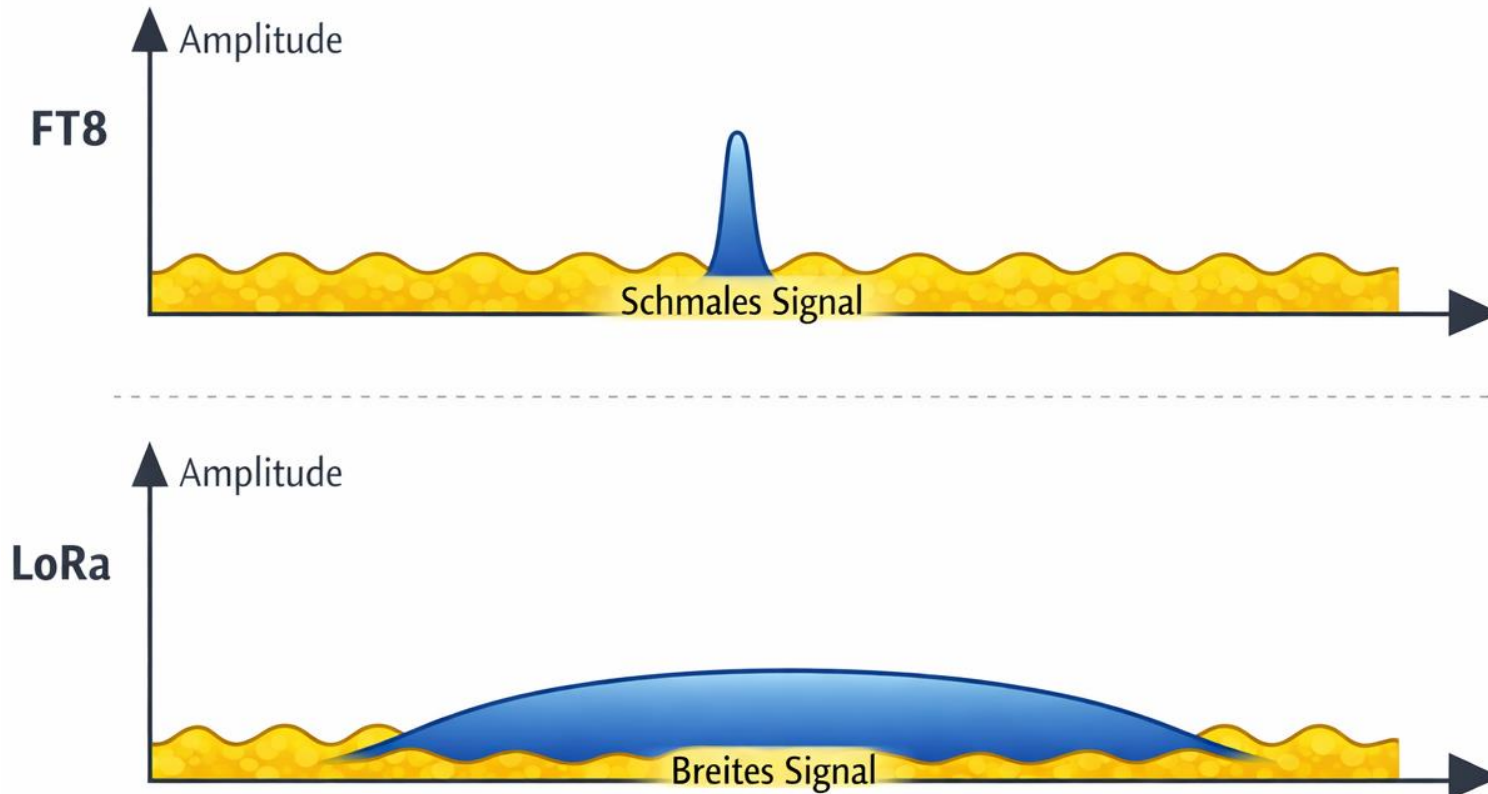
SNR (Signal-to-Noise Ratio), oft als S/N geschrieben, ist das Verhältnis der empfangenen **Signalleistung** zur Leistung des **Grundrauschen**.

$$SNR (dB) = P_{Empfangssignal} (dBm) - P_{Rauschen} (dBm)$$

Spreading Factor	Minimaler SNR	Empfangsempfindlichkeit (RSSI) bei 125 kHz Bandbreite
SF7	-7,5 dB	-123 dBm
SF8	-10 dB	-126 dBm
SF9	-12,5 dB	-129 dBm
SF10	-15 dB	-132 dBm
SF11	-17,5 dB	-134 dBm
SF12	-20 dB	-137 dBm

1.9 Signal / Rauschabstand

Vergleich FT8 vs. Lora

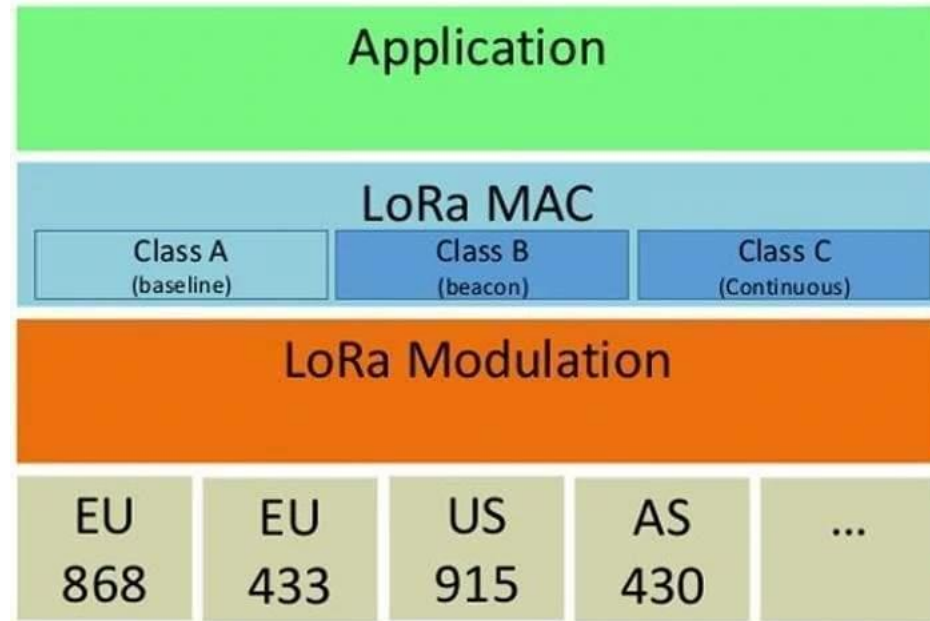


2.0 LoRa Applikationen

	stromsparende Funktechnologie für das Internet der Dinge (IoT)
	Mining von der Kryptowährung Helium
 Meshtastic	dezentrales Kommunikationssystem, das Textnachrichten und Positionsdaten über weite Entfernungen überträgt
	Wie Meshtastic aber strukturierter, fokussiert auf dedizierte Repeater
	Wie Meshtastic aber Zielgruppe Funkamateure, unverschlüsselt
	APRS auf Basis der LoRa Technologie

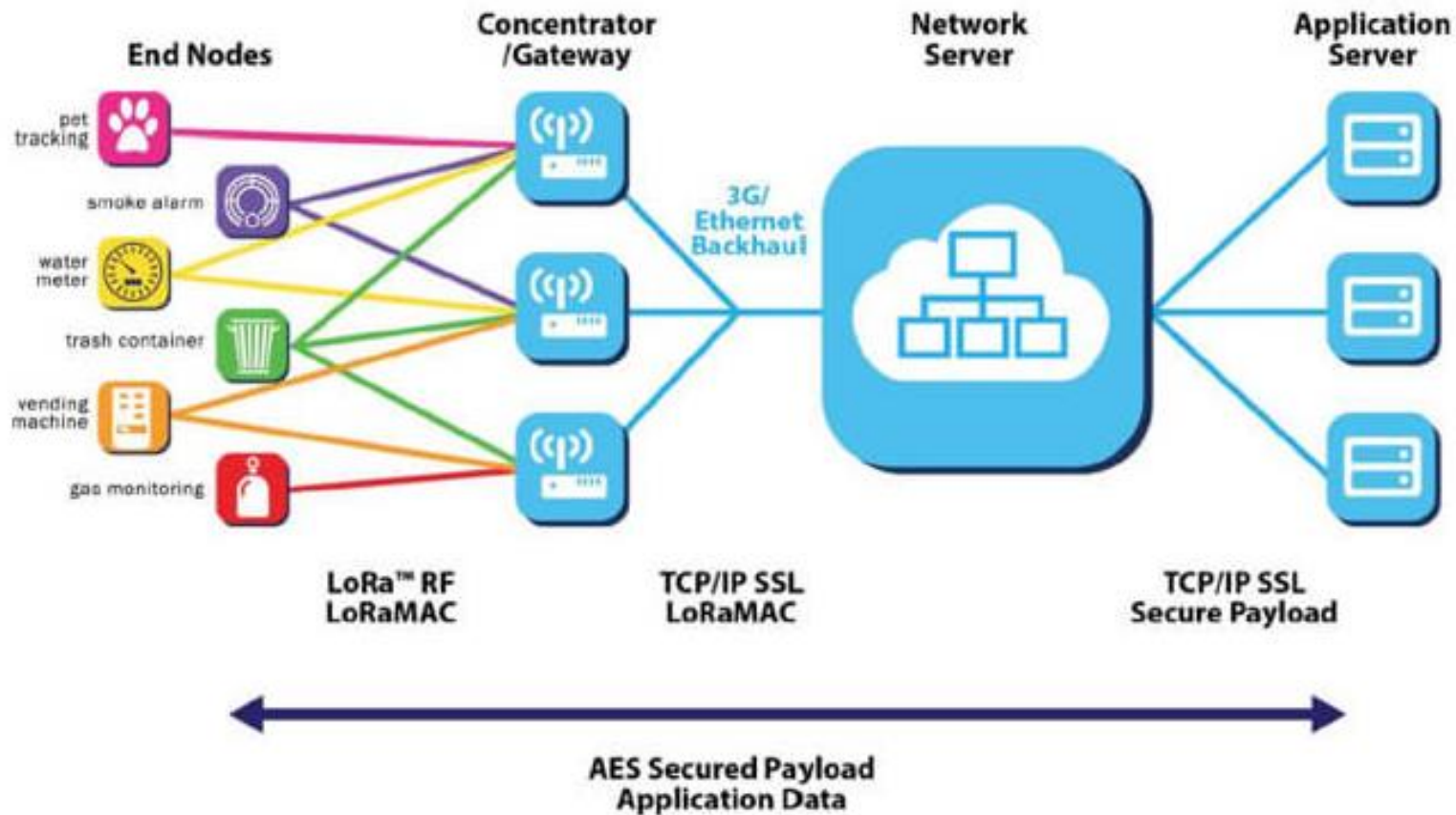


2.1 LoRaWAN - Application



LoRa -> Modulation
LoRaWAN -> Applikation

2.2 LoRaWAN - Architektur



2.2 LoRaWAN - Architektur

Endgeräte

- Sensoren, Aktoren,
- Meistens Uplink, selten Downlink

Gateways

- Empfangen alle LoRa Pakete im Umkreis
- Kein Routing, nur Durchreiche

Network Server

- Duplikate ausfiltern
- Routing
- Devicemanagement

Application Server

- Entschlüsselt die Nutzerdaten
- Stellt die Daten der Anwendung bereit



**THE THINGS
STACK**



ThingSpeak™



2.3 Grenzen von LoRaWAN

Duty Cycle 1% im 868MHz Band sind 36 Sekunden senden pro Stunde

Pakete pro Stunde bei 1% Duty Cycle (868 MHz, 125 kHz BW)

Spreading Factor	Pakete pro Stunde	Erklärung
SF7	ca. 640 Pakete/h	Extrem effizient
SF8	ca. 350 Pakete/h	Immer noch gut
SF9	ca. 195 Pakete/h	Mittlere Reichweite
SF10	ca. 110 Pakete/h	Schon deutlich langsamer
SF11	ca. 55 Pakete/h	Lange Airtime
SF12	ca. 30 Pakete/h	Sehr lange Airtime

Weitere Nachteile

- Keine Echtzeit-Anwendung,
- Keine Sprache, kein Chat
- Stern-Netz kein Mesh

2.4 Beispiele für....

Network Server



**THE THINGS
STACK**

<https://eu1.cloud.thethings.network/console>

Application Server

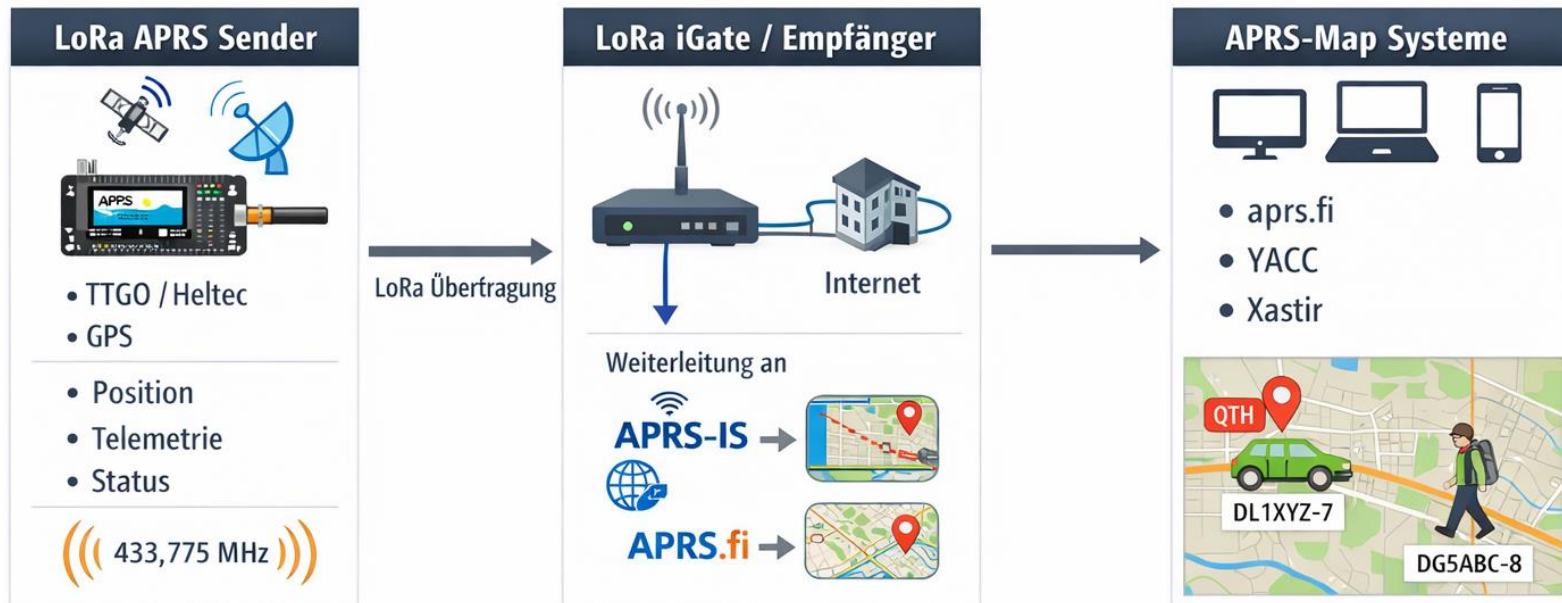


<https://thingspeak.mathworks.com/channels>

3.1 LoRa APRS - Architektur



LoRa APRS Architektur



3.2 LoRa APRS – Technische Merkmale

Merkmal	Beschreibung
Frequenz	 433,775 MHz (EU) – im Amateurfunkbereich
Modulation	 LoRa (meist SF12, Bandbreite 125 kHz)
Protokoll	 APRS-kompatibel (AX.25-ähnlich, aber über LoRa)
Datenrate	 Sehr niedrig (~300 bps)
Reichweite	 Bis zu 30 km mit einfacher Hardware
Infrastruktur	
Lizenz	 Nur für lizenzierte Funkamateure erlaubt



APRS-IS

-> <http://euro.aprs2.net/>

APRS.fi

-> <https://aprs.fi>

4.1 Helium Mining & Netzwerk – Überblick

- Das Helium Netzwerk ist ein dezentrales, globales Funknetz auf LoRaWAN-Basis
- Entwickelt für energieeffiziente Datenübertragung mit großer Reichweite
- Infrastruktur wird gemeinschaftlich von vielen Teilnehmern bereitgestellt – nicht von zentralen Anbietern
Nutzer betreiben Helium Hotspots – kleine LoRaWAN-Funkstationen für IoT-Kommunikation
- Hotspots ermöglichen drahtlose Datenübertragung für Sensoren, Tracker, Smart-City-Anwendungen
- Als Gegenleistung erhalten Betreiber den Token HNT (Helium Network Token)

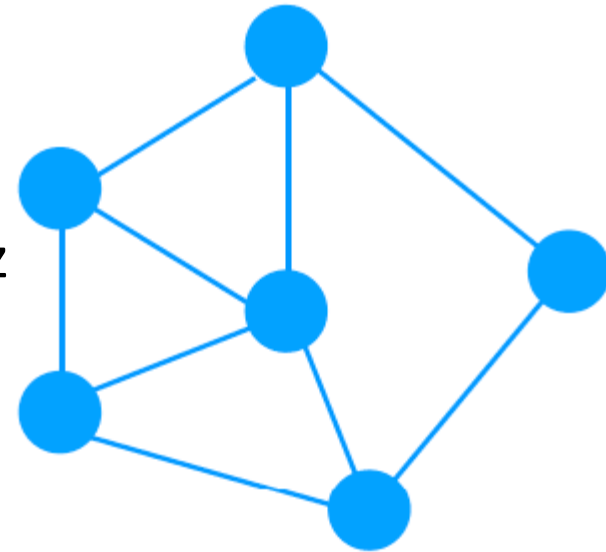


4.1 Helium – Vergleich mit LoRaWAN

Merkmal	Helium	Klassisches LoRaWAN
Infrastruktur   <small>TTGO / helber</small>	Dezentral, privat betriebene Hotspots	Zentral oder lokal verwaltete Gateways
	Global durch Community-Ausbau	Regional, abhängig von Betreiber oder Verein
Netzabdeckung 	Global durch Community-Ausbau	Regional, abhängig von Betreiber oder Verein
Finanzierung	Blockchain, HNT-Token	Eigenbetrieb, Fördermittel
Geräteverwaltung	Helium Console (Cloud)	Lokale Server, TTN Console
Datenweitergabe	MQTT, HTTP, Webhooks	MQTT, HTTP, TTN APIs
Zugänglichkeit	Einfacher Einstieg, Token-abhängig	Technisch anspruchsvoll, transparent
Lizenzpflicht	Keine (für IoT-Geräte)	Je nach Frequenzbereich (z. B. AFU bei 433 MHz)
Typische Nutzung	IoT-Tracking, Sensorik, kommerziell	Sensorik, Forschung, Amateurfunk, Notfunk
Kritikpunkte	Token-Spekulation, Blockchain-Abhängigkeit	Begrenzte Reichweite, Selbstaufbau nötig

5 Mesh Netze

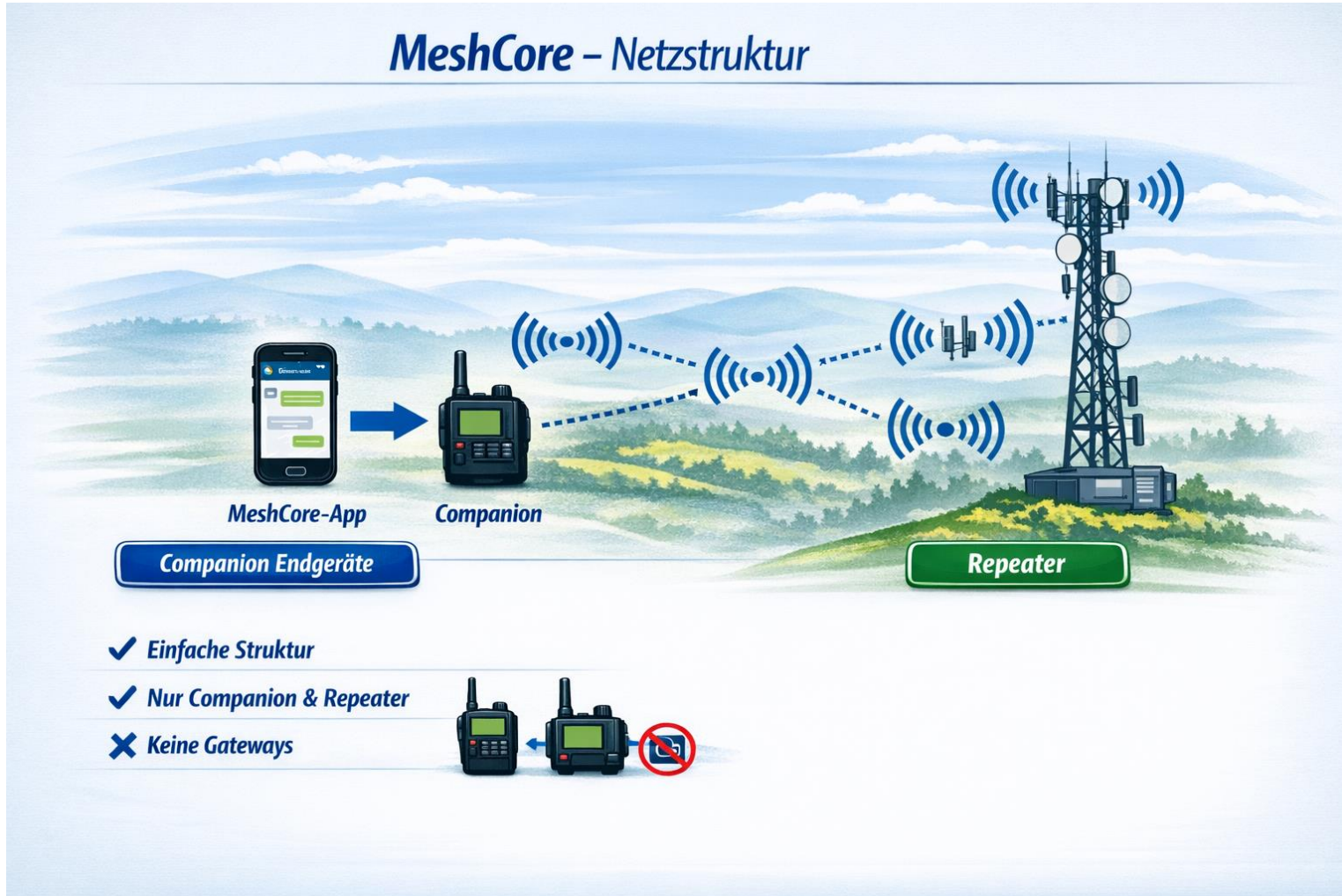
- **Dezentrales Funknetz** ohne zentrale Infrastruktur
- Daten finden automatisch den **besten verfügbaren Weg** durchs Netz
- Fällt ein Knoten aus, sucht das Netz **automatisch alternative Routen**
- Hohe Ausfallsicherheit
- Flexible Reichweite durch **Hops** zwischen Knoten
- **Geeignet für Notfunk**



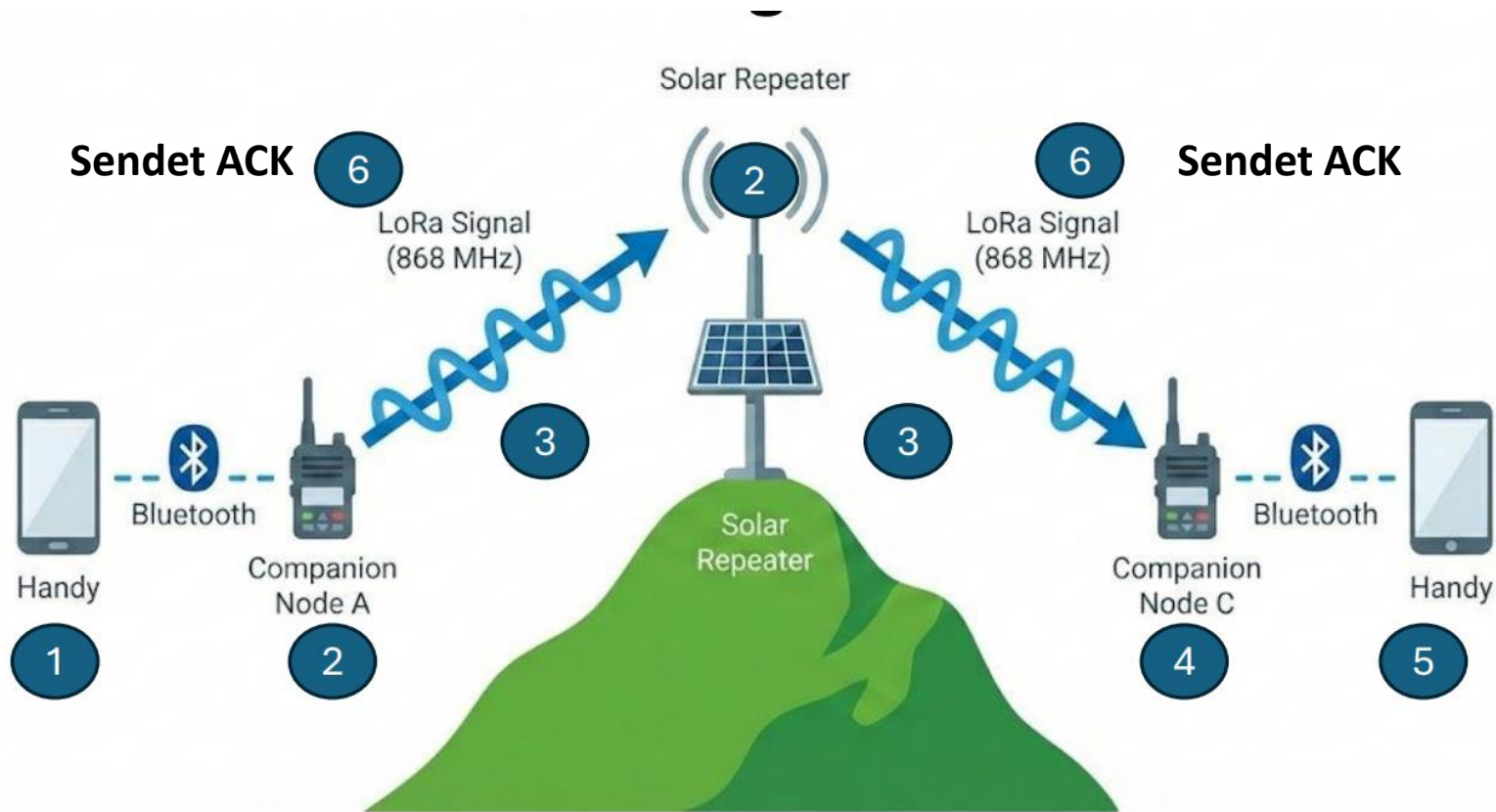
Mesh
Netzwerk



6.1 MeshCore - Netzstruktur



6.1 MeshCore - Netzstruktur





6.2 Meshcore – Die Netzelemente

Companion

- Zentrales Bediengerät
- Steuert Kommunikation, zeigt Nachrichten, GPS, Systemstatus
- Verbindet sich mit Handy oder Tablet via Bluetooth/Wi-Fi
- Sendet und empfängt Daten über das Meshnetz

Repeater

- Reichweitenverlängerung
- Leitet Datenpakete weiter
- Arbeitet autonom und selbstheilend im Netz

Roomserver

- **Kann Daten puffern**, Sensoren auslesen, Gateways bereitstellen
- Ideal für feste Standorte (z. B. Einsatzzentrale, Gebäude)

Handy

- Externes Endgerät, verbunden mit Companion
- Dient zur Anzeige, Eingabe oder Weiterleitung von Daten
- Kein direkter Meshknoten – nutzt dazu den Companion

6.3 Welche Hardware wird benutzt

**SenseCAP
T1000-E**



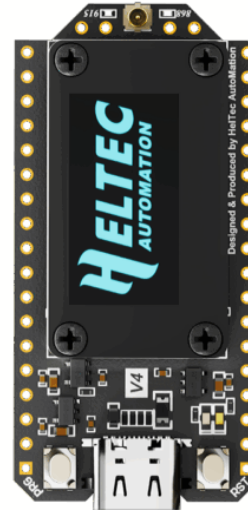
Community Favorit
GPS, Bluetooth
Kreditkartengroß,
interner Akku
Beliebt wegen
Empfangsstärke

**LilyGo
T-Deck Plus**



Standalone
2,8" Farbdisplay,
Tastatur,
GPS
Kein Smartphone
nötig

Heltec V4



Allrounder
500 mW Leistung
Beliebt für
Repeater
3D-Druck-
Gehäuse

Heltec V3



Budget -Einsteiger
Günstig, kompakt
DIY-Repeater
Einsteigergerät



6.4 Meshcore - Links

Karte

<https://map.meshcore.dev/?zoom=11&lat=51.4112&lon=8.2521>

Analyzer

<https://analyzer.letsmesh.net>

MeshCore Apps

<https://meshcore.co.uk/apps.html>

Visualisierung von Verbindungen

<https://www.meshcoresim.com/>

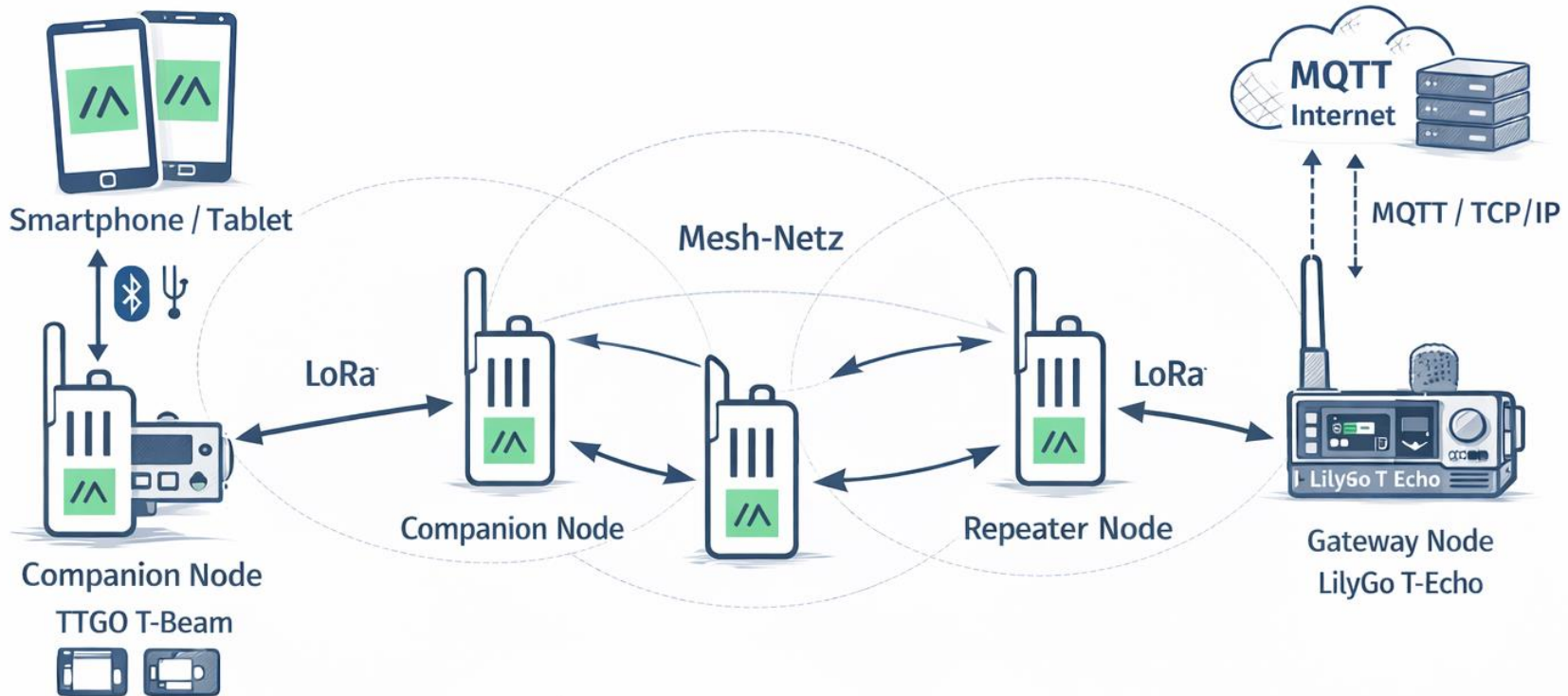
Meshcore Web Flasher

<https://flasher.meshcore.co.uk/>

6.5 Ein Blick in den Companion (Live)



7.1 Meshtastic Netzstruktur



—— Selbstheilendes LoRa Mesh-Netz ——

433 MHz und 868MHz
Älter als MeshCore

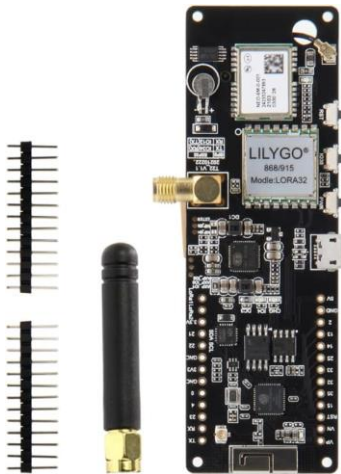


7.2 Meshtastic – Die Netzelemente



7.3 Welche Hardware wird benutzt

**TTGO
T-Beam**



Community Favorit
GPS, Bluetooth
Viele Gehäuse
Ideal für Einsteiger
und
Fortgeschrittene

**LilyGo
T-Deck Plus**



Standalone
2,8" Farbdisplay,
Tastatur,
GPS
Kein Smartphone
nötig

**LilyGo
T-Echo**



Gateway
ePaper Display
Stromsparender
Betrieb
MQTT Gateway
GPS

Heltec V3



Budget -Einsteiger
Günstig, kompakt
DIY-Repeater
Einsteigergerät

7.4 Meshtastic - Links

Karte

<https://meshmap.net/>

Meshtastic Apps

<https://meshtastic.org/de/docs/software/>

Meshtastic Web Flasher

<https://flasher.meshtastic.org/>





7.5 Unterschiede MeshCore vs Meshtastic

MeshCore

- Companion und Repeater sind getrennte Rollen
- Companions leiten keine Nachrichten weiter
- Repeater übernehmen das Routing
- Selbstheilendes Netz, aber nur über dedizierte Repeater
- Fokus auf modulare Struktur und offizielle Integration
- Geräte: SenseCAP T1000-E, Heltec V4, V3, , T-Deck
- Roomserver

Meshtastic

- Alle Nodes sind Meshknoten
- Companion-Nodes leiten Nachrichten aktiv weiter
- Repeater-Rolle optional über Router-Modus
- Selbstheilend durch alle aktiven Geräte
- Fokus auf Off-Grid-Kommunikation und Community-Setup
- Geräte: TTGO T-Beam, LilyGo T-Echo, Heltec V3/V4, T-Deck

8.1 MeshCom – Die Netzstruktur





8.2 MeshCom – Die Netzelemente

Einheit	Aufgabe	Vergleich
TE	Endgerät, Nutzer	Companion (ohne Routing)
NE	Mesh-Knoten	Meshtastic Node
RE	Verstärktes Relais	Repeater (aber intelligenter)
CE	Zentrale Steuerung	Gibt es bei Meshtastic/MeshCore nicht
GE	Internet-/MQTT-Gateway	Meshtastic MQTT-Gateway
Mgmt	Monitoring/Tools	optional



8.3 MeshCom - Links

Karte

<https://mcmmap.oevsv.at/>

MeshCom Apps

<https://icssw.org/meshcom-app/>

MeshComWindows

<http://dl8dbn.local>

MeshCom Web Flasher

<https://esptool.oevsv.at/>

MeshCom Dashboard

<http://meshcom.hamnet.network/meshcom/>



8.4 Vergleich Meshcore vs MeshCom

	MeshCore	MeshCore
Netzarchitektur	2-stufig (Companion + Repeater)	Mehrschichtig (TE, NE, RE, CE, GE)
Netzelemente	Companion, Repeater	Terminal, Node, Relay, Controller, Gateway
Routing	Nur Repeater routet	Node + Relay routen, Controller steuert
Sprechgruppen	✘ Keine	✔ Ja, zentral verwaltet
Gateway / Internet	✘ Nicht vorhanden	✔ MQTT, IP, Cloud-Anbindung
Steuerung / Management	✘ Keine	✔ Controller mit Prioritäten & Regeln
Netzplanung	Sehr einfach	Professionell planbar
Flexibilität	Gering	Hoch
Einsatzgebiet	Kleine, einfache Netze	Große, strukturierte Netze / BOS-ähnlich
Airtime-Optimierung	Fixe Parameter	✔ Anpassbar (SF/BW/CR steuerbar)
Skalierbarkeit	Niedrig	✔ Hoch



Amateurfunk ist der Weg,
um das Interesse an der Technik zu wecken



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

MeshCore:

Einfach und Überschaubar



MeshCom:

Vielseitig und Steuerbar



Bleiben Sie verbunden. Stay in Touch!

