

Freie Mesh-Netze im 868MHz-SRD-Band: Meshtastic und MeshCore

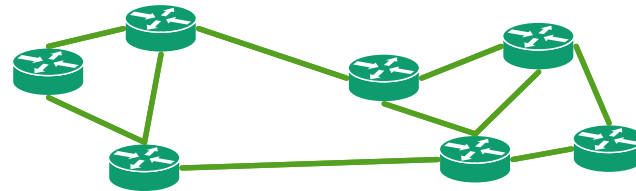
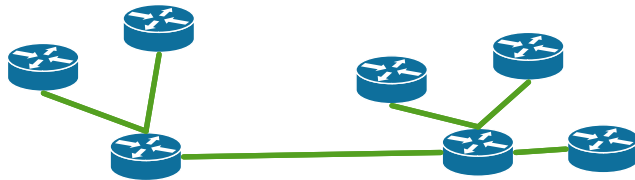
Nils Kammenhuber, DC4AC

Inhalt

- ▶ Einführung, Begriffsklärungen
- ▶ Hardware
- ▶ Direktnachrichten, Gruppennachrichten, Roomserver
- ▶ Routing der Nachrichten
- ▶ Vergleich MT - MC
- ▶ Loslegen mit Meshtastic: Flashen, Einstellen
- ▶ Loslegen mit MeshCore: Flashen, Einstellen
- ▶ Stolperfallen, Praxistipps
- ▶ Weiterführende Links, Supportforen

Was ist ein Mesh?

- ▶ wörtlich: Netz, Masche, Geflecht
- ▶ Bedeutung: „vermaschtes Netz“, d.h.: Jeder Netzwerkknoten mit **mindestens** einem, meist **mehreren** anderen Knoten verbunden



- ▶ i.d.R. selbstheilend:
Wenn ein Knoten ausfällt, findet das Netz nach kurzer Zeit einen neuen Weg
- ▶ i.d.R. Ad-Hoc-Netz, d.h. spontaner, unkoordinierter Zusammenschluss;
dezentral: keine zentrale Management-Instanz

Meshtastic (MT), MeshCore (MC): Wieso ist das für uns interessant?

- ▶ Austausch kurzer Textnachrichten ca. 140-200 Bytes (à la SMS)
Positionen, Telemetrie (à la APRS)
Keine Bilder, Audio, Video etc. (wären viel zu viele Daten)
- ▶ Meiste Knoten mit Akku betrieben, etliche auch mit Solar; alles dezentral;
keine Internetanbindung benötigt → Sollte ☺ auch bei Blackout funktionieren
- ▶ Günstige Hardware (10-100€), einfach bedienbar
- ▶ Gute HF-Abdeckung, da viele Teilnehmer
- ▶ Bastler-/Maker-Atmosphäre
→ gut, um viele Leute für Amateurfunk zu begeistern
- ▶ Erstaunliche Netzwerk-Reichweiten: Meshtastic ca. 50-150km Umkreis;
MeshCore im Westen bis Genua, im Osten Linz (bei Tropo/Inversion weiter)
- ▶ Direktnachrichten an einzelne Teilnehmer (verschlüsselt);
Öffentliche Nachrichten in Channels

Frequenzen

- ▶ 869 MHz SRD-Band ($\approx$ ISM-Band), maximal 27dBm (=500mW) ERP, 10% Tastgrad
- ▶ Theoretisch auch für 433 MHz ISM verfügbar;
praktisch verwendet das dort fast niemand
- ▶ Meshtastic, MeshCore: **KEIN** Amateurfunk!
- ▶ Alternative:
Echtes Amateurfunk-Mesh „MeshComm“ auf 70cm; ÖVSV hier sehr aktiv

Begriffsklärungen

- ▶ **SRD: Short Range Devices.** Lizenzfrei. Etwas sehr Ähnliches wie ISM. Verschiedene Frequenzbänder; in unserem Fall: 863-870MHz / 35cm
- ▶ **LoRa: Long Range** 😊
Physikalischer Layer.
Spread-spectrum, Forward Error Correction. Europa: 433MHz, 868MHz.
292 bit/s bis 50 kbit/s
- ▶ **LoRaWAN:** Ein Netzwerkprotokoll, welches LoRa verwendet.
 - ▶ Meshtastic und MeshCore verwenden zwar LoRa, aber **nicht** LoRaWAN!
 - ▶ „LoRaWAN-Antenne“, „Helium-Antenne“ → auch für Meshtastic/MeshCore OK
- ▶ „Sub-Band P“: 500mW und Tastgrad 10% (andere Bänder: viel geringer)
- ▶ **Tastgrad 10%:** Maximal 10% der Zeit TX, mindestens 90% RX
(nur 869,4-869,65 MHz)

Was brauche ich dafür?

- ▶ Endgerät: ca. 10-100€; typisch 40€. Besser: Gleich zwei zum Spielen. 😊



- ▶ Wie immer: Bessere Antenne besorgen; die mitgelieferten sind eher Schrott
- ▶ PC (Linux, MacOS, Windows) mit USB zum Flashen & Konfigurieren
- ▶ ggf. Android, iPhone/iPad oder PC mit Bluetooth 5 Low Energy zum Benutzen

Hardware-Empfehlung

- ▶ seeedstudio Wio Tracker L1 Pro
- ▶ ca. 37€ inkl. Gehäuse, Akku, Antenne
- ▶ Stromsparend
- ▶ 20dBm
- ▶ Achtung: Anschluss RP-SMA, nicht SMA
- ▶ Gibt es mit MT vorinstalliert (aber alte Firmware-Version)
- ▶ MeshCore:
 - ▶ Ripple-Firmware: Steuert man direkt am Gerät; fummelig; 8€ Freemium
 - ▶ Standard MeshOS-Firmware: Handy + Bluetooth
- ▶ Auch Versionen mit E-Ink-Display,...



Hardware-Empfehlung

- ▶ seeedstudio SenseCAP T-1000**E**
 - ▶ Achtung: Das „E“ ist wichtig!
- ▶ ca. 34€ inkl. Spezial-Kabel
- ▶ Größe: Kreditkarte
- ▶ GPS
- ▶ 20dBm
- ▶ Nur interne Antenne!



Hardware-Beispiel

- ▶ Heltec V4
- ▶ Zweierpack inkl. GPS: 93€
- ▶ 27dBm!
- ▶ USB-Lade-Eingang und Solar-Lade-Eingang
- ▶ Aber: Stromfresser;
nur bedingt solar-geeignet!



Hardware-Beispiel

- ▶ Lilygo T-Deck
- ▶ ca. 100€
- ▶ Blackberry-ähnlich
- ▶ Achtung, richtige Version:
433 vs. 868 vs. 915 MHz!
- ▶ MeshCore:
 - ▶ Zusatzlizenz kaufen (8£)
 - ▶ anscheinend etwas eingeschränkt?
(nur 4 Gruppen)



Hardware-Beispiele: Solar-Repeater fertig für Außeneinsatz

- ▶ seedstudio SenseCAP Solar
 - ▶ ca. 100€

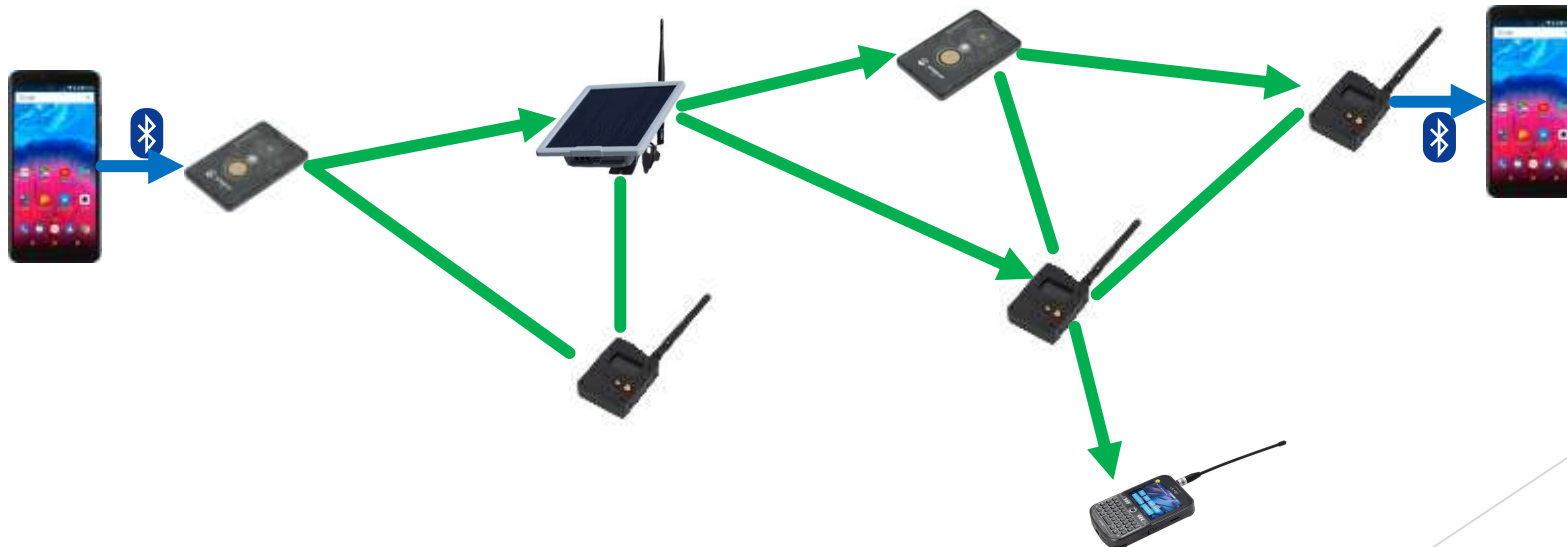


- ▶ WisMesh Repeater Mini
 - ▶ 105€



Wie läuft das ab?

- ▶ Nachrichten lesen + schreiben meistens mit der Meshtastic-/Meshcore-App auf dem Handy oder im Browser
- ▶ Handy/PC verbindet sich mit Bluetooth mit dem eigenen MT-/MC-Knoten (ggf. Alternative: WLAN statt Bluetooth)
- ▶ Das Mesh leitet die Nachrichten von Knoten zu Knoten weiter



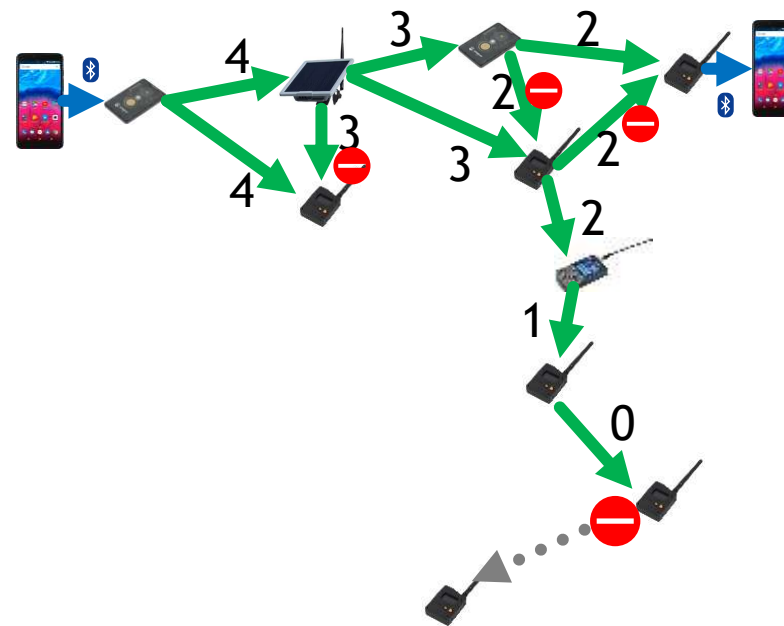
Arten der Nachrichtenübermittlung

- ▶ Direktnachricht (direct message, *DM*):
 - ▶ Gezielte Nachricht an *einen* Teilnehmer
 - ▶ Verschlüsselt
- ▶ Gruppen-/Kanalnachricht:
 - ▶ Alle Abonnenten erhalten die Nachricht
 - ▶ Öffentliche und private (=verschlüsselte) Gruppen
 - ▶ Aber: Wer offline ist / grade selbst sendet / grade QRM hat, der empfängt nichts
- ▶ Room Server (nur MeshCore; Software noch etwas instabil):
 - ▶ Schwarzes Brett / einfache Mailbox; max. ~30 Nachrichten
 - ▶ Kommunikation via DM → gesicherte Zustellung
 - ▶ Kann man mit Passwort schützen

Wie kommt die Nachricht vom Sender zum Empfänger?

a: Flooding (MT und MC)

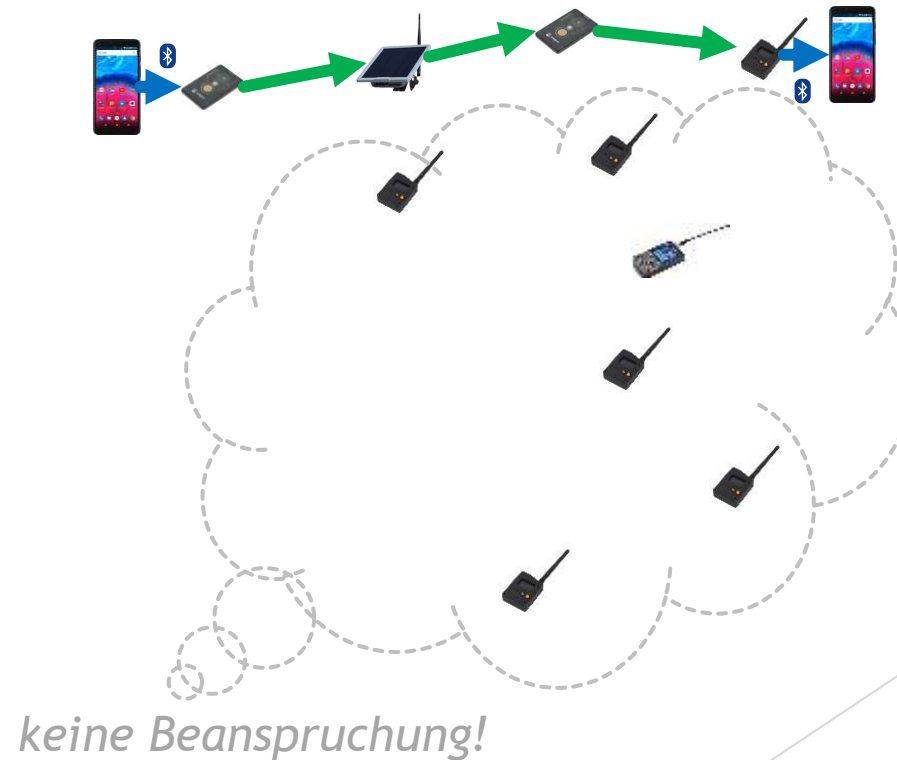
- ▶ Jeder Knoten strahlt empfangene Nachricht selbst wieder aus
 - ▶ ... außer er hat sie bereits gesehen
- ▶ Ändert zuvor das Paket:
Verringert sog. Hop-Zähler um 1
 - ▶ Wenn Zähler = 0 → verwerfen
- ▶ Einfach, keine Koordination nötig
- ▶ MT: max. 7 Hops (Standard = 3)
MC: max. 64 Hops



Wie kommt die Nachricht vom Sender zum Empfänger?

b: Source Routing
(nur Direktnachrichten
und nur bei MeshCore)

- Sender kennt bereits eine Route zum Empfänger und gibt sie vor
- ➔ Enorme Entlastung für das Netz!



Zum Vergleich: Wie wäre das im Internet?

- ▶ Kein Knoten kennt die gesamte Route eines Paketes durchs Netz
- ▶ Router leiten Pakete anhand der Zieladresse weiter (wie einen Brief)
- ▶ IP-Adressen sind nicht wild durcheinander, sondern hierarchisch strukturiert
- ▶ Router tauschen sich untereinander aus, handeln Teil-Routen aus:
Routingprotokolle

Bestätigungen: Acknowledgements

- ▶ Automatische Empfangsbestätigung einer **Direktnachricht**
- ▶ MT: Nur falls Empfänger den Sender direkt hören konnte
- ▶ MC: Immer
- ▶ Der große Vorteil von MeshCore:
 - ▶ Man weiß, dass sie wirklich angekommen ist
 - ▶ Kein ACK eingetroffen? → Automatisch erneuter Versuch (3x bzw. 5x)
 - ▶ ACK enthält Weg durchs Netz (wie ein Laufzettel)
 - Sender kennt ab jetzt direkten Weg und muss nicht mehr flooden
- ▶ Roomserver statt Gruppe: Alles DMs → ACKs → Keiner verpasst eine Nachricht (...solange der Speicher noch nicht vollgelaufen ist)

„Welches ist besser?“

→ Es kommt auf die Situation an!

Meshtastic

- ▶ Seit 2020, weiter verbreitet
- ▶ Besser geeignet für Knoten in Bewegung, z.B. Auto, Skipiste, Wandergruppe, Katzen-Tracker, ...
- ▶ (Fast) jeder Knoten leitet alles weiter
- ▶ Persönliche Beobachtungen:
 - ▶ Bessere Abdeckung innerhalb Münchens
 - ▶ Bessere HF-Reichweite (Punkt zu Punkt, zero-hop)
 - ▶ Kommt mit dem QRM bei mir zuhause besser zurecht

MeshCore

- ▶ Erst seit Anfang 2025, aber massives Wachstum
- ▶ Bewegung → Route ungültig 📶 → Paketverlust → neu lernen
- ▶ Ein Knoten ist **entweder** Endgerät **oder** Repeater (=leitet weiter) **oder** Roomserver
 - ▶ Unpraktisch
 - ▶ aber stabileres Netz
- ▶ **Deutlich** größere Netz-Reichweiten: MT ca. 100km (Augsburg, Salzburg) vs. MC >1000km (Genua, Stuttgart, Linz - **ohne** Tropo!)
- ▶ m.E. technisch besseres Konzept
- ▶ Ändert sich rasch (z.B. neu: Regions/Scopes)
- ▶ „Freemium“: z.B. Repeater-Fernwartung, T-Deck,...

Stolperfallen

- ▶ MeshCore **re** ≠ MeshCom **m** ☺
- ▶ Manche haben SMA, manche RP-SMA:



- ▶ ESP32-Hardware (z.B. Heltec v3, Heltec v4) ist ein Stromfresser; eher fürs Auto oder für Leute mit ordentlicher Balkon-/Dach-Solaranlage
 - ▶ z.B. lieber T1000e oder Wio L1 Pro
 - ▶ gibt inzwischen MeshCore-Stromspar-Firmware für den (noch nicht ausprobiert)
- ▶ Heltec v4 hat 27dBm-Endstufe
→ Sendeleistung ist höher als man in der MC-Software einstellt - aufpassen mit ERP!
- ▶ MeshCore: Flood-Adverts auf ≥ 48 Stunden (oder 0), zero-hop auf 240min
- ▶ Aufpreis für MT vorinstalliert? → Oft bereits veraltete Version!
- ▶ Antennen auf Amazon oft schlecht abgestimmt

Outdoor-Betrieb

- ▶ Empfehlung: Solarmodule fast senkrecht montieren
 - ▶ Ziel: max. Ertrag an den schlechtesten Tagen des Jahres - nicht max. Jahresertrag!
 - ▶ Schnee, Schmutz läuft besser ab
 - ▶ Weniger anfällig für Vogelkot
 - ▶ Oft unauffälliger als schräggestellte Module
- ▶ „Guerilla-Repeater“: Ohne Erlaubnis ungefragt in die Landschaft gestellt 🤪



QRM

- ▶ Viele klagen über QRM durch Mobilfunk
 - ▶ Billige SAW-Filter: klein, okay, Einfügedämpfung 1-3dB, max. 15-20dBm TX
 - ▶ Hohlraumresonatoren: besser, 60-100€ (hab ich selbst noch nicht ausprobiert)
- ▶ Lokales QRM bei mir sehr nahe dran auf 869,0MHz
 - ▶ Kein Mobilfunk
 - ▶ MeshCore-Repeater: `set agc.reset.interval 4` hilft ein wenig
 - ▶ Meshtastic scheint es etwas besser zu verkraften
 - ▶ Gefühlt verhaselt mir etwas den Spaß



Adressen bei Meshtastic

- ▶ Langname, z.B.
 - ▶ DC4AC Haderner Stern 🏠 ⚡ 🔋
 - ▶ Leberwurstpizza
 - ▶ Meshtastic 4f0c (Standard-Zufallsname)
- ▶ Kurzname, z.B.
 - ▶ NKA2
 - ▶ 🍕
 - ▶ 4f0c (Standard-Zufallsname)
- ▶ (Knoten-ID: 16bit)
- ▶ (Schlüsselpaar aus öffentlichem und privatem Schlüssel)

Adressen bei MeshCore

- ▶ Name, z.B.
 - ▶ DC4AC/m 🚗
 - ▶ Guerilla-Rep HOM 🚫
 - ▶ Bei 🚫 am Ende: Soll nicht in Internetkarten etc. auftauchen (Konvention)
- ▶ Public Key: 32 bytes (Darstellung als 64 Hexadezimal-Zeichen)
 - ▶ Verschlüsselungsalgorithmus: ED-25519 (elliptic curve)
- ▶ hieraus abgeleitet:
Routing-Prefix = erstes Byte (d.h. erste zwei Hexadezimal-Zeichen):
 - ▶ ➔ vorgegebene Route (z.B. 4f-a1-23-98-fe-7c) ist nie 100%ig eindeutig, aber „eindeutig genug“
 - ▶ Ineffizient, falls unmittelbare Nachbarn gleiches Präfix haben
 - ▶ ➔ es gibt eine Software, auf der man sich ein Key-Paar mit gewünschtem Präfix erzeugen lassen kann, falls man einen Konflikt hat: <https://gessaman.com/mc-keygen/>

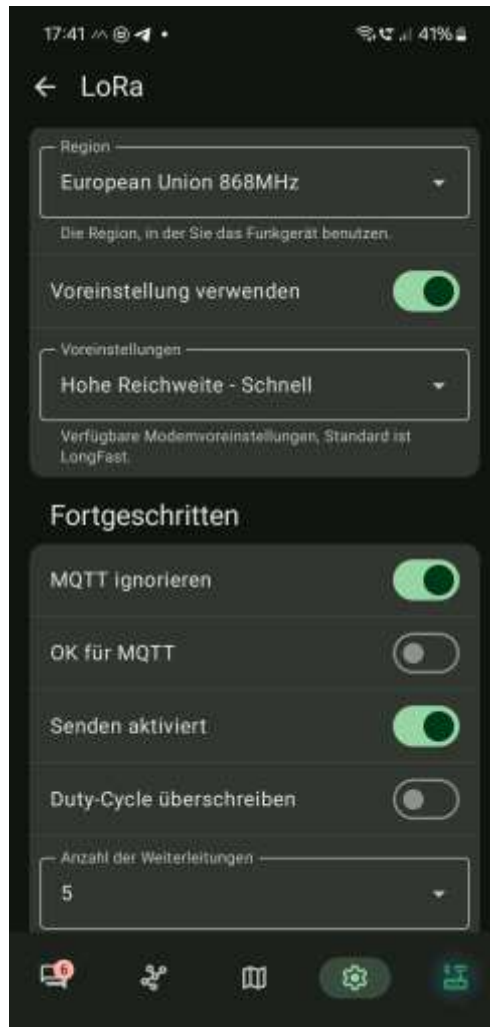
MeshCore-Adverts

- ▶ Knoten veröffentlicht seinen Namen + Public Key im Netz
 - ▶ zero-hop: nur an Nachbarn
 - ▶ Flood: ganzes Netz
- ▶ Flood-Adverts belasten MeshCore mehr und mehr
- ▶ Nett, aber fürs Weiterleiten nicht benötigt
 - ▶ Für Nutzer in Genua ist uninteressant, dass 41 = *Haderner Stern S* ist

Loslegen mit Meshtastic

1. Hardware besorgen, z.B. T1000e
2. ggf. Meshtastic flashen - das geht mit dem Browser!
3. Meshtastic-App aufs Handy (oder Browser auf Laptop)
4. Einstellen: LoRa, Name, Rolle (quasi immer: Client)
5. Losfunken
6. später: Kanal RaumMUC hinzufügen

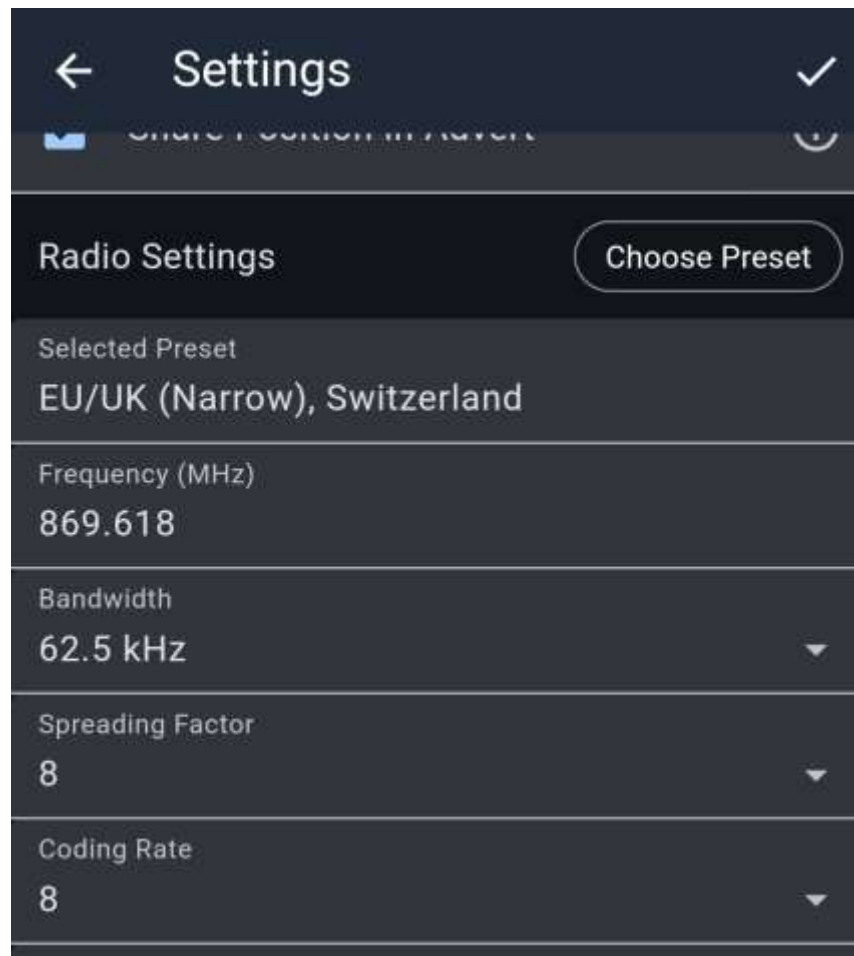
Meshtastic in München



Loslegen mit MeshCore

1. Hardware besorgen, z.B. T1000e
2. Meshcore flashen - das geht mit dem Browser!
 1. Companion: Endgerät zum Empfangen+Verschicken von Nachrichten via BT
 2. Repeater: Nur zum Weiterleiten; Einstellen nicht via Bluetooth
3. Companion:
 1. Meshcore-App aufs Handy (oder Browser auf Laptop)
 2. Einstellen: LoRa, Name; Auto-Add nur von Usern und Roomservern
 3. Channels #muenchen und #region-muc hinzufügen
 4. Regions #de #de-by #de-by-muc hinzufügen
4. Repeater: Einstellung über Browser + USB
5. Losfunken
 1. z.B. Roomserver *Stammtisch München*, PW = *hello* (meist mehrere Loginversuche nötig)

MeshCore in Oberbayern + Schweiz:



Links: Meshtastic

- ▶ Hauptseite mit ganz viel Doku: <https://meshtastic.org/>
- ▶ Getting Started: <https://meshtastic.org/docs/getting-started/>
- ▶ Firmware-Flasher: <https://flasher.meshtastic.org/>
- ▶ Standortplaner: <https://site.meshtastic.org/>
- ▶ Kanäle/Gruppen/Communities/Foren auf:
 - ▶ Münchner Seite (ganz neu): <https://munichmesh.de/>
 - ▶ Matrix: <https://matrix.to/#/#mesh-netzwerke-de:matrix.org>
 - ▶ WhatsApp: <https://t1p.de/mtuv4>
 - ▶ Signal:
<https://signal.group/#CjQKIJXLoA6qzGxLIM9Q3wMhcfJB2Kj0oU9XbjNGU3WML8P9EhBYTsy69tfRr5w5GosYlaWq>

Links: MeshCore

- ▶ Hauptseite, Firmware-Flasher, Doku: <https://meshcore.co.uk/index.html>
- ▶ Zimlich gute deutsche Doku: <https://meshcore-de.fyi/>
- ▶ Mitmach-Karte mit realen Messwerten: <https://www.mapme.sh/>
- ▶ Analyzer+Karte mit **einigen** Knoten:
<https://analyzer.letsmesh.net/map?lat=48.13676&long=11.61432&zoom=10>
- ▶ Kanäle/Gruppen/Communities/Foren auf:
 - ▶ Telegram: <https://t.me/meshcorede>
 - ▶ WhatsApp: Untergruppe der Meshtastic-Community <https://t1p.de/mtuv4>
 - ▶ Matrix: <https://matrix.to/#/#mesh-netzwerke-de:matrix.org>

Bezugsquellen

- ▶ T1000e: <https://www.seeedstudio.com/SenseCAP-Card-Tracker-T1000-E-for-Meshtastic-p-5913.html>
- ▶ Wio Tracker L1 Pro: <https://www.seeedstudio.com/Wio-Tracker-L1-Pro-p-6454.html>
- ▶ Heltec v4, 2er Pack: <https://www.amazon.de/dp/B0FS1WQWKF>
- ▶ SAW-Filter, ca. 2.3dB Einfügedämpfung: <https://de.aliexpress.com/item/1005007425520158.html>
- ▶ Antennen selbst gekauft; SWR okay:
 - ▶ <https://www.amazon.de/dp/B0F1CVG85K> (die 10dBi Gewinn gelten natürlich nur über supraleitender Erde, bergab, mit Rückenwind und Nachbrenner)
 - ▶ Antennen von Ziisor: <https://www.aliexpress.com/store/1103858337> (der 10er-Pack abknickbare Antennen und die 8dBi waren okay im NanoVNA; andere nicht getestet)
- ▶ Empfehlungen aus Telegram-Gruppe:
 - ▶ Ziisor, s.o.
 - ▶ Alfa <https://amzn.to/46UXYJc>
 - ▶ Kerlink: <https://iot-shop.de/en/shop/ker-klk03198-kerlink-lorawan-antenna-3dbi-for-wirnet-istation-5051?search=kerlink#attr=30171>
 - ▶ Vinnant - handabgestimmt, auf Anfrage <https://vinnant.sk/store/page/1?productlist-search=&productlist-sort=created-desc&productlist-categories=868mhz-8695mhz-lorawanheliumflarmsigfox>
 - ▶ Fürs Auto: <https://www.caraudio24.de/Antennen/ATTB/Antenne-Bad-Blankenburg-Magnetantenne-ISM-868-MHz-RG174-SMA-m-18-m-340401::33656.html>
 - ▶ Profi-Filter: https://s.click.aliexpress.com/e/_oC7lBlV