



Fachvortrag MeshCOM


HB9RMW – Leander Gutzwiller

Donnerstag, 2. April 2026

HB9ZG Stamm, Baar



Welche Attribute machen MeshCOM zum ultimativen Werkzeug?

-  **< > 1: Robuste Mesh-Netzwerkarchitektur**
 - **Selbsteilend & selbstorganisierend:**
 - Knoten finden automatisch den besten Weg.
 - **Multi-Hop-Kommunikation:**
 - Reichweite über einzelne Module hinaus.
 - **Keine zentrale Infrastruktur nötig:**
 - Ideal für Off-Grid- und Krisenszenarien.
 - **Rückmeldung vom Empfänger**
 - Meldungsaustausch mit Quittierung des Empfängers
 - **Dynamische Topologie:**
 - Passt sich an Bewegung und Ausfälle an.



MeshCOM - Vernetzt

<> 1.1: Technische Grundlagen der Mesh-Architektur

- **Routing ohne zentrale Instanz**

Jeder Knoten agiert als Router und/oder Endgerät. Datenpakete werden dynamisch über benachbarte Knoten weitergeleitet.


- **Ad-hoc-Netzwerkbildung**

Knoten erkennen sich automatisch und bilden ein Netz basierend auf Reichweite und Signalqualität.

- **Flooding vs. Directed Routing**

MeshCOM nutzt optimiertes Flooding mit Paket-ID-Tracking, um Duplikate zu vermeiden und Redundanz zu steuern.

- **Paketstruktur mit Metadaten**

Jedes Paket enthält Header-Informationen wie Sender-ID, Ziel-ID, TTL (Time-to-Live), Priorität und Verschlüsselungsstatus. 

- **LoRa-Modulation als physikalische Basis**

Nutzung von LoRa für hohe Reichweite bei niedrigem Energieverbrauch, ideal für dezentrale Netze.

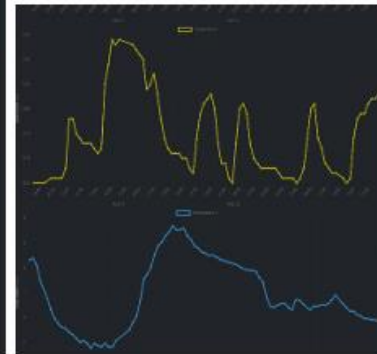
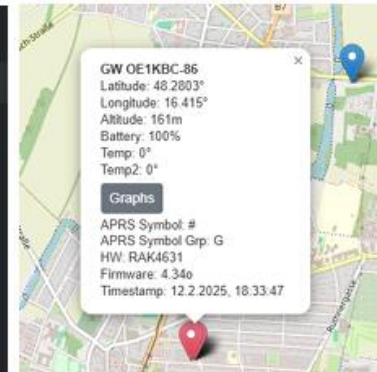
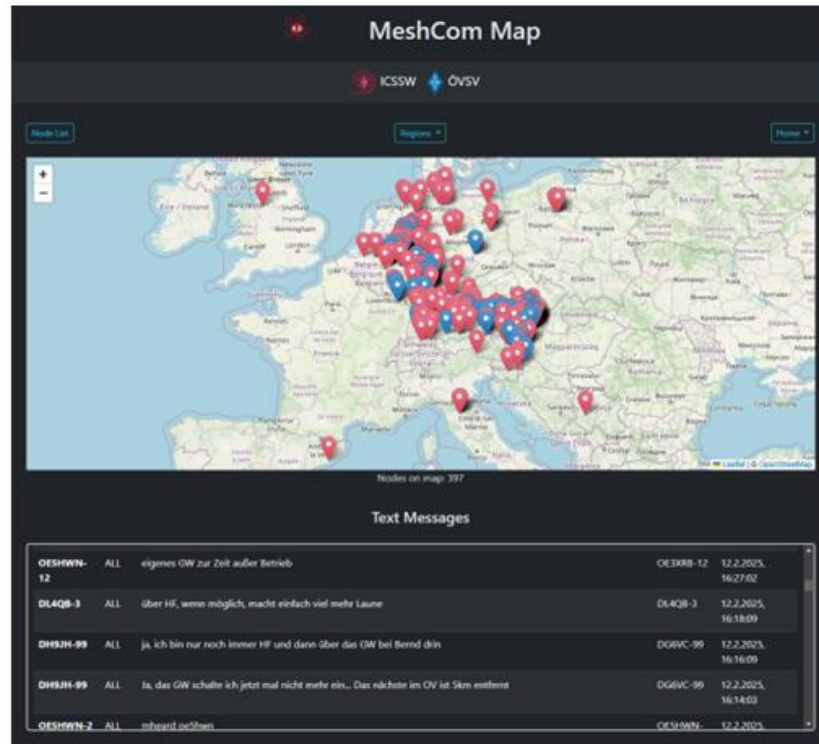


MeshCOM - Vernetzt

<> 1.1: Technische Grundlagen der Mesh-Architektur

Eine GEO-Übersicht der zu einem aktuellen Zeitpunkt erreichbaren MeshCom-Nodes wird auf einer Karte angezeigt.

- GEO-Daten je Node
- Detailinformation zum Node
- Aktuelle Textmeldungen im Netz
- Selektion einzelner Nodes
- Individuelle Regionen
- Telemetrie-Anzeige



Nutzung von LOKA für none Reichweite bei niedrigem Energieverbrauch, ideal für dezentrale Netze.



MeshCOM - Vernetzt

<> 1.1: Technische Grundlagen der Mesh-Architektur

- **Routing ohne zentrale Instanz**

Jeder Knoten agiert als Router und/oder Endgerät. Datenpakete werden dynamisch über benachbarte Knoten weitergeleitet.

- **Ad-hoc-Netzwerkbildung**

Knoten erkennen sich automatisch und bilden ein Netz basierend auf Reichweite und Signalqualität.

- **Flooding vs. Directed Routing**

MeshCOM nutzt *optimiertes* Flooding mit Paket-ID-Tracking, um Duplikate zu vermeiden und Redundanz zu steuern.

- **Paketstruktur mit Metadaten**

Jedes Paket enthält Header-Informationen wie Sender-ID, Ziel-ID, TTL (Time-to-Live), Priorität und Verschlüsselungsstatus.

- **LoRa-Modulation als physikalische Basis**

Nutzung von LoRa für hohe Reichweite bei niedrigem Energieverbrauch, ideal für dezentrale Netze.



MeshCOM - Vernetzt



<> 1.2: Dynamik, Skalierbarkeit & Fehlertoleranz

- **Selbstheilung bei Knotenausfall**

Fällt ein Knoten aus, wird automatisch ein neuer Pfad gesucht – ohne manuelles Eingreifen.

- **Skalierbarkeit durch flache Hierarchie**

MeshCOM unterstützt hunderte Knoten durch flache Netzstruktur und effiziente Paketweiterleitung.

- **TTL & Hop-Limitierung**

Begrenzung der Weiterleitungstiefe verhindert Netzüberlastung und erhöht Effizienz.

- **Priorisierung & QoS**

Kritische Nachrichten (z. B. SOS) erhalten Vorrang durch Prioritätskennzeichnung im Paketheader. (feature)

- **Netzwerkanalyse & Debugging**

Tools zur Visualisierung der Netzstruktur und zur Analyse von Routingpfaden sind integriert. (web interface)



MeshCOM - Effizienz

- ⚡ <> **2: Effiziente Kommunikation & Sicherheit**
- **Verschlüsselung auf Paketebene:** AES-128 für sichere Datenübertragung.
 - **Priorisierung von Nachrichten:** Kritische Daten bevorzugt behandelt.
 - **Paketwiederholung & Bestätigung:** Zuverlässige Zustellung.
 - **Low-Power-Modus:** Optimiert für batteriebetriebene Geräte.



MeshCOM - Effizienz

<> 2.1: Kommunikationsprotokoll & Paketmanagement

- **Paketstruktur mit Metadaten**

Jedes Datenpaket enthält:

- Sender- und Empfänger-ID
- TTL (Time-to-Live)
- Prioritätslevel
- Verschlüsselungsflag
- Wiederholungszähler

- **Priorisierung von Nachrichten**

Nachrichten mit hoher Priorität (z. B. SOS, Steuerbefehle) werden bevorzugt behandelt und schneller weitergeleitet.

- **Paketwiederholung & Bestätigung**

- Automatische Wiederholung bei fehlender Empfangsbestätigung.
- ACK/NACK-Mechanismus zur Sicherstellung der Zustellung.

- **Effiziente Bandbreitennutzung**

- Adaptive Sendeintervalle basierend auf Netzlast.
- Paket-Deduplizierung durch eindeutige IDs.



MeshCOM - Effizienz



<> 2.2: Sicherheit & Energieeffizienz

- **Ende-zu-Ende-Verschlüsselung**
 - AES-128-Verschlüsselung auf Paketebene.
 - Schlüsselverwaltung lokal oder über vorkonfigurierte Netzparameter.
- **Replay-Schutz & Integritätsprüfung**
 - Zeitstempel und Sequenznummern verhindern Wiederholungsangriffe.
 - CRC-Prüfung zur Erkennung von Paketmanipulation.
- **Low-Power-Kommunikation**
 - LoRa-Modulation mit geringer Sendeleistung.
 - Sleep-Modus zwischen Übertragungen.
 - Wake-on-Radio-Funktion für gezielte Aktivierung.
- **Sicherheitsbewusste Netzwerktopologie**
 - Begrenzung der Weiterleitung auf vertrauenswürdige Knoten.
 - Optionale Whitelist für Knoten-IDs.

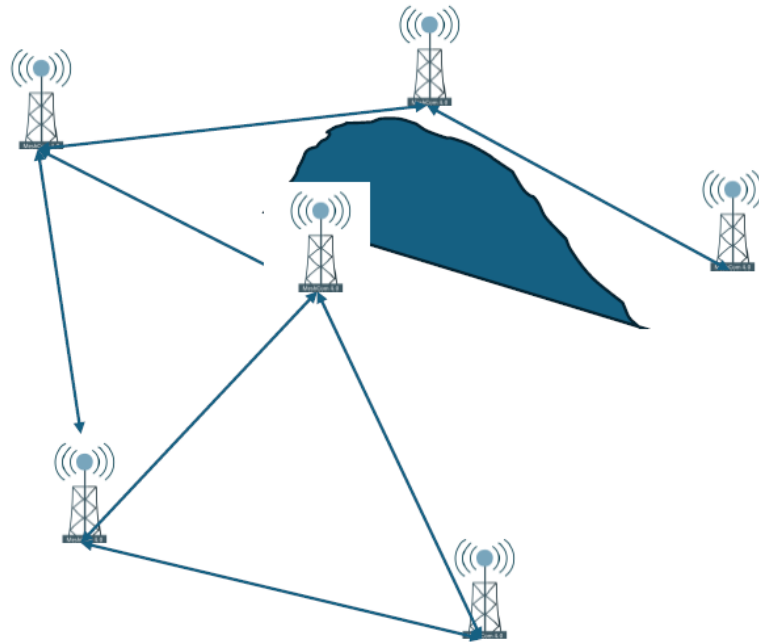




MeshCom 4.0 - Konzepte

Mesh-Technik

- FULL-MESH Netze
 - Alle Knoten haben MESH-on

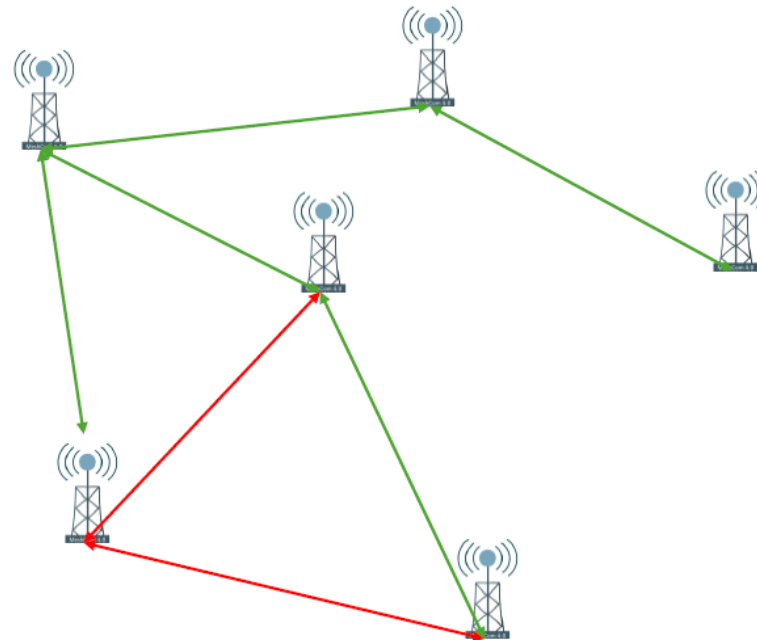




MeshCom 4.0 - Konzepte

Mesh-Technik

- MESH-Netze mit Nachbar-Informationen
 - Nur für die Aufrechterhaltung der Verbindungen notwendige Knoten haben MESH-on
 - In diesem Szenario werden 2 Wiederholungen erspart und damit belegte Airtime reduziert



MeshCOM - Hardware



< > 3: Vielseitige Hardware-Unterstützung

- **Kompatibel mit SX1278 (433 MHz):** Breite Verfügbarkeit und gute Reichweite.
- **Unterstützung für EBYTE-Module:** E22, E32, E220 u.a.
- **Einfache Integration mit Dev-Kits:** Schneller Einstieg für Entwickler.
- **Modulare Firmware:** Anpassbar für verschiedene Anwendungen.



MeshCOM - Hardware



<> 3.1: Unterstützte Module & Plattformen

- **EBYTE-Modulkompatibilität**

MeshCOM unterstützt eine breite Palette an LoRa-Modulen :

- **Ebyte** Ex-Serie
- **LilyGo** T-Beam, T-Deck, T-Deck-Plus
- **Heltec** V2, V3, V4 (feature)

- **Chipsätze & Frequenzbereiche**

- **SX1278**: 433 MHz, bewährt und weit verbreitet
- **SX1262**: 868 MHz, energieeffizienter und moderner

- **DevKitC-Plattform**

- Referenzhardware mit UART-Schnittstelle
- Unterstützt einfache Konfiguration via CLI oder XML-Dateien

- **Flexible UART-Kommunikation**

- Standardbaudrate: 9600 bps (konfigurierbar)
- Unterstützt AT-Befehle und binäre Protokolle



MeshCOM - Hardware



<> 3.2: Integration, Anpassung & Erweiterbarkeit

- **Plattformunabhängige Firmware**

- Kompatibel mit STM32, ESP32, Arduino, Raspberry Pi (über UART)
- Keine Abhängigkeit von spezifischem Betriebssystem

- **Modulare Firmwarearchitektur**

- Trennung von Hardwareabstraktion, Routinglogik und Anwendungsschicht
- Leicht portierbar auf neue Plattformen

- **GPIO- und Interrupt-Support**

- Unterstützung für Wake-on-Radio und Sleep-Modi
- GPIOs für Status-LEDs, Tasten oder externe Trigger nutzbar

- **Konfigurierbarkeit über XML & CLI**

- XML-Dateien zur Vorkonfiguration von Netzparametern
- CLI für Live-Debugging, Routing-Analyse und Netzdiagnose

- **OTA-Updatefähigkeit (implementiert ab Version p)**

- Firmware-Updates über Funk geplant für zukünftige Versionen



MeshCOM - Open Source



<> 4: Open Source & Community-getrieben

- **Kostenfrei & quelloffen:** GitHub-basiert, transparent und erweiterbar.
- **Aktive Entwickler-Community:** Schnelle Updates und Support.
- **Dokumentation & Tools:** CLI, GUI, XML-Konfigurationen verfügbar.
- **Ideal für Bildung, Forschung & Maker-Projekte**



MeshCOM - Open Source

< > 4.1: Anwenderzentrierte Open-Source-Strategie

- **Kostenfrei & transparent**

MeshCOM ist vollständig quelloffen auf GitHub verfügbar – keine Lizenzkosten, keine versteckten Einschränkungen.

- **Dokumentation für Praktiker**

- Schritt-für-Schritt-Anleitungen für Einsteiger
- XML-Konfigurationsbeispiele für Fortgeschrittene
- CLI-Kommandos für Power-User

- **Schnelle Einstiegsmöglichkeiten**

- Kompatible Dev-Kits und Module direkt nutzbar
- Beispielprojekte für Outdoor-Mesh, Sensor-Netzwerke und Notfallkommunikation

- **Anpassbarkeit für individuelle Projekte**

- Firmware modular aufgebaut: Routing, Sicherheit, Hardwareabstraktion separat editierbar
- Ideal für Maker, Forschung, Bildung und Industrieprototypen



MeshCOM - Open Source

<> 4.2: Community-getriebene Weiterentwicklung & Support

- **Aktive Entwickler-Community**
 - Regelmäßige Updates und Bugfixes
 - Diskussionen und Feature-Vorschläge über GitHub Issues und Foren
- **Nutzerfeedback als Innovationsmotor**
 - Anwender können direkt Einfluss auf Roadmap nehmen
 - Feature-Wünsche und Hardware-Erweiterungen werden oft zeitnah integriert
- **Internationale Beteiligung**
 - Beiträge aus Europa, Asien, Amerika – globales Know-how
 - Mehrsprachige Ressourcen und Übersetzungen im Aufbau
- **Support durch Gleichgesinnte**
 - Hilfe durch erfahrene Anwender in Foren und Chats
 - Austausch von Best Practices und Projektideen



Geräte zum ansehen & anfassen



MeshCOM on 433 MHz uses **LoRa modulation** with very low data throughput (typically **0.3–5 kbps** depending on spreading factor), a **narrow bandwidth (usually 125 kHz, sometimes 62.5 kHz or 250 kHz)**, and supports **short text messages, position reports, telemetry, weather data, and control commands**.

Technical Details of MeshCOM on 433 MHz

1. Data Throughput

MeshCOM is based on **LoRa modulation**, optimized for long-range, low-power communication.

Typical throughput ranges:

- ~**300 bps** at high spreading factors (SF12, maximum range, minimum speed).

- Up to ~5 kbps** at lower spreading factors (SF7, shorter range, higher speed).

This is **much lower than Wi-Fi or cellular**, but sufficient for emergency text, telemetry, and sensor data.



2. Used Bandwidth

Operates in the **433 MHz ISM band** (often 433.05–434.79 MHz in Europe).

LoRa modulation allows selectable bandwidths:

125 kHz (default, most common).

62.5 kHz or 250 kHz (less common, depending on node configuration).

Narrow bandwidth ensures **low power consumption** and **long-distance coverage**, often tens of kilometers with simple antennas.

3. Message Types

MeshCOM supports multiple message categories:

Text messages – short chat-style communication between nodes.

Position data – GPS coordinates for tracking stations or mobile users.

Telemetry data – sensor readings (temperature, voltage, environmental data).

Weather data – basic meteorological reports.

Remote control commands – simple instructions for devices or relays.

Messages are flagged with **origin and type identifiers**, ensuring compatibility across gateways and mesh nodes.



Key Characteristics

Self-healing mesh: Nodes automatically form a decentralized network, no central infrastructure needed.

Energy efficient: Designed for off-grid and emergency use, runs on low-power hardware.

Gateway integration: Local mesh traffic can be bridged to global networks (HAMNET, Internet) via gateways.

Resilient design: Works even with multiple gateways in parallel; messages carry flags to avoid confusion.

Summary Table

Parameter	Typical Value / Range	Notes
Frequency band	433.05–434.79 MHz (EU ISM)	Amateur/ISM allocation
Bandwidth	125 kHz (default), 62.5–250 kHz	LoRa selectable
Data throughput	0.3–5 kbps	Depends on spreading factor
Message types	Text, GPS position, telemetry, weather, control	Flagged for routing
Network type	Decentralized mesh	Self-healing, off-grid



In essence: MeshCOM on 433 MHz is a **low-bandwidth, long-range mesh system** using LoRa, designed for **resilient emergency and off-grid communication**. It trades speed for reliability and coverage, making it ideal for amateur radio, citizen science, and disaster scenarios.

Sources:

- Einleitung Meshcom 4.0 - [Meshcom-4.0 V2.0-1.pdf](#)
- Github - [GitHub - icssw-org/MeshCom-Firmware: MeshCom Client 4.0](#)
- Projekt Meshcom - [www.amateurfunkpraxis.de - Portal für den Amateurfunk](#)
- MeshCom 4.0 FAQ - [MeshCom 4.0 FAQ - Institute of Citizen Science](#)

