



Technische Beschreibung

MeshCom-Gateway im 70-cm-Amateurfunkband (433 MHz)

1. Zweck und Einordnung

Das beschriebene System dient dem **nicht-kommerziellen Amateurfunkbetrieb** gemäß den geltenden nationalen und internationalen Amateurfunkregelungen.

Es handelt sich um ein **MeshCom-Gateway im 70-cm-Band**, welches der **digitalen Datenübertragung** (Mesh-Routing, Status- und Telemetriedaten, Notfunk- und Experimentalfunkanwendungen) dient.

Der Betrieb erfolgt ausschließlich:

- im **zugewiesenen Amateurfunkfrequenzbereich**,
- mit **technisch begrenzter und kontrollierter Sendeleistung**,
- unter Einhaltung der Grundsätze zur **Vermeidung unnötiger Nebenaussendungen**.

2. Standort und Antennenanlage

- **Antennenhöhe:** ca. 124 m über Normalnull (ü. NN)
- **Geländeprofil:** überwiegend flaches Land
- **Antennenmontage:** freistehend, metallfrei im Nahfeld, fest installiert

Antenne

- **Typ:** Diamond SE100
- **Frequenzbereich:** 430–440 MHz
- **Antennengewinn:** ca. 8,0 dBi
- **Impedanz:** 50 Ω
- **Polarisation:** vertikal

Die Antenne ist für Dauerbetrieb geeignet und weist ein unkritisches Stehwellenverhältnis im vorgesehenen Frequenzbereich auf.

3. Funktechnische Parameter

- **Betriebsfrequenz:** 433,1750 MHz
- **Band:** 70-cm-Amateurfunkband
- **Modulationsart:** LoRa (MeshCom)
- **Bandbreite:** 250 kHz
- **Betriebsart:** Simplex, paketorientierter Datenverkehr
- **Dauerbetrieb:** ja (Gatewaybetrieb - Trägerbetrieb nicht dauerhaft)

4. Sende- und HF-Kette

4.1 Sendeeinheit

- **LoRa-Modul:** RAK4631 EU433 (SX1262)
- **Eingestellte TX-Leistung: 16 dBm (≈ 40 mW)**
→ bewusst unterhalb der Maximalleistung zur Reduzierung von Verzerrungen und Nebenaussendungen

4.2 Leistungsverstärkung

- **HF-Verstärker:** AB-IOT-433
- **Betriebsspannung:** 5 V
- **Typische Ausgangsleistung:** ca. 1,25 W (31 dBm) bei moderatem Ansteuerpegel
- **Betriebsmodus:** nicht gesättigt (linearer Arbeitspunkt)

5. Filter- und Schutzmaßnahmen

Zur Sicherstellung eines **sauberen Spektrums** und zur **Standortverträglichkeit** werden mehrere Filterstufen eingesetzt:

5.1 Bandpassfilter (PA-Nachfilter)

- **Typ:** NMRF FBP-433
- **Funktion:**
 - Unterdrückung von Oberwellen (insbesondere 2. Harmonische bei ~866 MHz)
 - Reduktion von PA-Splatter und PLL-Nebenaussendungen
- **Einfügedämpfung:** ca. 3 dB (gemessen)

5.2 Duplexweiche als Kerbfilter für 438 - 439MHz

- **Typ:** Duplexweiche (70cm - 5MHz)
- **Betriebsart:** Kerbfilter (Notch)
- **Einfügedämpfung im Durchlass:** ca. 1 dB
- **Zweck:** gezielte Dämpfung **naher Fremdsender im 70-cm-Band**
- **Anschlusskonzept:**
 - LOW-Port → Sender 433,1750MHz
 - ANT-Port → Antenne
 - HIGH-Port → 50- Ω -Abschluss (438 - 439MHz)

Diese Maßnahme reduziert **Blocking- und Intermodulationsrisiken** am Standort erheblich.

6. Antennen-Zuleitung

- **Koaxialkabel:** Ecoflex 10 Plus
- **Länge:** 30 m
- **Dämpfung @ 433 MHz:** ca. 2,9 dB (inkl. Steckverbinder)

7. Gesamtleistungsbilanz (EIRP)

Stufe	Leistung
Sender (RAK4631)	16 dBm
nach PA (AB-IOT-433)	31 dBm
nach Bandpassfilter	28 dBm
nach Kerbfilter	27 dBm
nach Koaxleitung	24,1 dBm
Antennengewinn	+8,0 dBi
Effektive Strahlungsleistung (EIRP)	≈ 32,1 dBm ≈ ca. 1,6 W

Die EIRP liegt bewusst **deutlich unterhalb technisch möglicher Maximalwerte**, um einen **sauberen und standortverträglichen Betrieb** sicherzustellen.

8. Frequenz und Betriebsart

Frequenzband	70-cm-Amateurfunkband
Mittenfrequenz	433,1750 MHz
Notwendige Bandbreite	250 kHz
Belegte Frequenzspanne	433,0500 – 433,3000 MHz
Sendeart	250K0F1D
Übertragungsverfahren	LoRa / Chirp Spread Spectrum
Betriebsart	digital, paketorientiert
Trägerbetrieb	nicht dauerhaft

9. Reichweite und Ausbreitung

- **Geometrischer Funkhorizont:** ca. **40 km**
- **LOS-Reichweite Gateway ↔ Bodennode:** ca. **45 km**
- **Realistisch nutzbarer MeshCom-Radius:**
40–60 km, abhängig von Topografie, Rauschumgebung und Gegenstellen

Aufgrund der hohen Antennenposition und der günstigen Ausbreitungseigenschaften bei 433 MHz sind **größere Reichweiten unter guten Bedingungen möglich**, jedoch nicht Bestandteil der planbaren Betriebsannahmen.

10. Bewertung der Standortverträglichkeit

Das System ist ausgelegt auf:

- geringe **Nebenaussendungen**
- minimale **Intermodulations- und Blocking-Effekte**
- sauberen Dauerbetrieb ohne unnötige HF-Belastung

Durch:

- moderate Ansteuerung,
- mehrstufige Filterung,
- saubere Anpassung,
- hochwertige Zuleitung,

ist der Betrieb **technisch nachvollziehbar, störungsarm und standortgeeignet**.

10. Schlussbemerkung

Das beschriebene MeshCom-Gateway stellt eine **technisch saubere, leistungsangepasste und regelkonforme Amateurfunkanlage** dar.

Der Aufbau orientiert sich nicht an maximaler Leistung, sondern an **Qualität der Aussendung, Stabilität und langfristiger Standortverträglichkeit**.

HF-Blockschaltbild

