



WISSEN · TECHNIK · PRAXIS

REPEATER HANDBUCH

Verstehen · Planen · Bauen · Konfigurieren
Prüfen · Betreiben · Warten



FUNKINFRASTRUKTUR FÜR HESSEN · SYMBOLISCHE DARSTELLUNG

FACHHANDBUCH

Ausgabe 2.2 · Oktober 2026

BEST PRACTICE · KEINE VERBINDLICHE NETZVORSCHRIFT

meshcore-hessen.de

VORWORT

Ein Repeater, der dem Netz wirklich hilft.

MeshCore lebt von Menschen, die sich vor Ort beteiligen. Dieses Handbuch soll dir helfen, eine Funkstation nicht nur zum Senden zu bringen, sondern sie sinnvoll, sicher und nachvollziehbar zu betreiben.

FREIWILLIGE HANDLUNGSHILFE – KEINE PFLICHT

Alle Empfehlungen für Standortwahl, Regionsaufteilung, Benennung, Tests, Repeater-Parameter und Wartung sind **Best Practice** und ausdrücklich **keine von MeshCore Hessen vorgeschriebene Netzordnung**. Rechtsvorschriften – insbesondere das Funkrecht – und verbindliche Sicherheitsanforderungen bleiben davon unberührt.

Die Kapitel folgen der Reihenfolge, in der du auch vorgehen solltest: **Grundlagen verstehen → Bedarf und Standort prüfen → geeignetes Gerät auswählen → Stromversorgung und Antenne planen → aufbauen → konfigurieren → testen → betreuen**. Abkürzungen werden erklärt; technische Einzelheiten stehen jeweils unmittelbar beim praktischen Einsatz.

MeshCore Hessen ist eine **unabhängige Informationsplattform**. Die örtlichen Netze werden von ihren jeweiligen Betreibern und Initiativen getragen. Weder betreibt die Plattform automatisch alle Repeater des Bundeslands noch besteht eine zentrale Konfigurationspflicht. [P1]

Drei Arten von Aussagen

Kennzeichnung	Bedeutung	Beispiel
RECHT / SICHERHEIT	Vorgaben, die unabhängig von diesem Handbuch zu beachten sind.	Frequenznutzung, elektrische Sicherheit, Montagegenehmigung.
OFFIZIELL DOKUMENTIERT	Funktion oder Befehl in der MeshCore-Dokumentation beschrieben.	<code>get radio, region save.</code>
BEST PRACTICE HESSEN	Freiwilliger, lokal abzustimmender Vorschlag.	Landkreise als Startpunkt für Regionennamen.

VERSIONSHINWEIS

MeshCore entwickelt sich laufend. Kommandos und Menüs können je nach Firmware, Hardware und App-Version abweichen. Die Konsole-Beispiele wurden mit der öffentlich zugänglichen Dokumentation abgeglichen; sie sind **keine praktischen Gerätetests jeder Firmware-/Hardware-Kombination**. [Q1][Q2]

ORIENTIERUNG

Inhalt & Lernweg

Die Kapitel folgen einer realistischen Reihenfolge. Du kannst die Abschnitte einzeln nachschlagen; die Seitenzahlen sind im PDF automatisch verlinkt.

01	Was ist MeshCore – und wozu dient ein Repeater?	04	13	Regionen und Scopes endlich verständlich	28
02	Geräte, Rollen und Nachrichtentypen	06	14	Regionen praktisch planen und konfigurieren	31
03	Wie die Funkstrecke wirklich funktioniert	08	15	Lokale, landesweite und überregionale Nachrichten	34
04	Netzplanung in Hessen: zuerst die Lücke	10	16	Hop-Limits, Traffic und Score verstehen	37
05	Standortwahl, Genehmigung und Sicherheit	12	17	Firmware flashen und erstmals starten	39
06	Funkrecht: Was in Deutschland wirklich gilt	14	18	Die Basis-Konfiguration Schritt für Schritt	41
07	Funkprofil: Frequenz, Bandbreite, SF und CR	16	19	Wer sendet? App, Companion und Scope	43
08	Die passende Hardware auswählen	18	20	Netz testen: von null zur Abnahme	44
09	Antenne, Koaxkabel und HF-Bilanz	20	21	Fehlersuche: reproduzierbar statt raten	46
10	Stromversorgung und elektrischer Schutz	22	22	Wartung, Updates und Notfallplan	48
11	Solarstation: Energie- und Winterbilanz	24	23	Drei Planungsbeispiele aus Hessen	50
12	Wetterfest bauen und montieren	26	24	Druckbare Checklisten für die Praxis	52
			25	Glossar, Quellen und Aktualität	54

So gehst du vor: Ohne Vorkenntnisse: bei Kapitel 1 beginnen. Vor einem Kauf: Kapitel 4–8. Vor Änderungen an einem laufenden Repeater: zuerst Konfiguration auslesen und dokumentieren, danach Kapitel 10–15 nutzen.

KAPITEL 01 / GRUNDLAGEN

Was ist MeshCore – und wozu dient ein Repeater?

Das Wesentliche ohne Funkvorkenntnisse: Was passiert zwischen zwei Nachrichten, und warum braucht ein Netz geeignete Zwischenstationen?

Kommunizieren ohne Mobilfunk und Internet

MeshCore ermöglicht kurze Textnachrichten mit geeigneter LoRa-Funkhardware. Ein Smartphone kann über Bluetooth mit einem persönlichen **Companion** verbunden sein. Das Companion sendet das Paket per Funk, ein anderer Teilnehmer empfängt es. Ein passender Repeater kann unterwegs als Zwischenstation dienen. Die eigentliche Funkübertragung benötigt weder SIM-Karte noch Internetverbindung. [P1][Q3]

Nachrichtenkette – vereinfacht



Mehrere Repeater sind möglich; nicht jeder empfangene Rahmen wird automatisch wiederholt.

Schematische Darstellung ohne feste Reichweitenzusage. Smartphones senden dabei nicht selbst auf 869 MHz.

Ein Repeater ist eine **Infrastrukturstation** mit passender MeshCore-Repeater-Firmware. Er wiederholt geeignete Pakete nach den Routingregeln. Er ist kein gewöhnlicher WLAN-Repeater, kein Mobilfunkverstärker und nicht einfach „ein zweiter Companion“. [Q3]

Warum nicht einfach möglichst viele Repeater?

LoRa ist ein gemeinsames, vergleichsweise langsames Funkmedium: Wenn eine Station sendet, können gleichzeitig eintreffende Signale einander stören. Jede zusätzliche Weiterleitung kostet Sendezeit. Ein hoher Standort kann die Verbindung über ein Tal herstellen, ein ungünstiger zusätzlicher Knoten kann dagegen mehr Funkverkehr verursachen, ohne eine echte Lücke zu schließen. [Q3]

- 1 Ein klarer Bedarf:** Welcher Ort oder welche Nutzer sind bislang nicht erreichbar?
- 2 Ein geeigneter Funkpfad:** Erreichen sich die vorgesehenen Stationen tatsächlich?
- 3 Ein sinnvoller Beitrag:** Wird durch den Repeater die Verbindung stabiler, ohne unnötige Paketduplikate zu erzeugen?

GRENZEN DER TECHNIK

MeshCore ist keine garantierte Notruf-Infrastruktur und **kein Ersatz für 112 oder BOS-Funk**. Gelände, Stromversorgung, Störungen und Netzauslastung entscheiden über die tatsächliche Verfügbarkeit. [P1]

Wann ist ein Repeater sinnvoll – und wann nicht?

Sinnvoll: Ein neuer Standort schafft eine bislang fehlende Verbindung oder verbessert deren Zuverlässigkeit messbar. Er wird mit geeigneter Antenne, ausreichender Energieversorgung und erreichbarbarem Betreiber eingerichtet. **Weniger sinnvoll:** Der Repeater steht auf dem Fensterbrett neben einem bereits gut angebundenen Knoten, ohne zusätzliche Nutzer zu erreichen, und sendet lediglich weitere Kopien.

Praxisfrage	Positive Antwort	Warnsignal
Welches Ziel?	Ein konkreter Ort und mindestens ein Kommunikationspartner.	„Mehr Reichweite“ ohne konkrete Funkstrecke.
Welche Strecke?	Test mit Hin- und Rückrichtung dokumentiert.	Nur Kartensymbol oder einmaliges Advert.
Wer betreut ihn?	Zugang, Ersatzteile, Updates und Kontakt vereinbart.	Nach Montage praktisch unerreichbar.

Ein Repeater muss nicht der höchste Knoten einer Region sein. Ein **Füllknoten** hinter einem Höhenzug oder innerhalb einer dichter bebauten Straße kann nützlicher sein als ein weiterer exponierter Sender auf einem bereits gut besetzten Mast.

KAPITEL 02 / FUNKBETRIEB

Geräte, Rollen und Nachrichtentypen

Companion, Repeater, Room Server und Sensor dürfen nicht verwechselt werden. Ebenso wichtig: Eine öffentliche Kanalnachricht verhält sich nicht wie eine private Direktnachricht.

Rolle	Aufgabe	Typische Konsequenz
Companion	Bediengerät für persönliche Nachrichten, meist mit App.	Normalerweise kein Infrastruktur-Repeater.
Repeater	Weiterleitung passender MeshCore-Pakete.	Braucht guten Standort, Strom, Antenne und Verwaltung.
Room Server	Speichert/vermittelt Nachrichten eines Raums nach Serverlogik.	Andere Rolle und andere Administration.
Sensor	Liefert Mess-/Statuswerte je nach Firmware.	Nicht automatisch Nachrichtenrelais.

Vier Begriffe, die oft durcheinandergeraten

Begriff	Bedeutung
Advert	Bekanntgabe einer Identität und gegebenenfalls weiterer Daten (z. B. Position). Ein Advert allein beweist keine bidirektionale Verbindung.
Flood	Ein Paket wird von geeigneten Repeatern im Rahmen der Regeln weitergetragen. Scope, Hop-Limit und Duplikaterkennung können begrenzen.
Direct	Bei bekanntem Weg wird ein gezielter Pfad über beteiligte Repeater genutzt. Ein fehlender Pfad kann erneutes Lernen erfordern.
Hop	Eine Funketappe zwischen zwei Teilnehmern; zusätzliche Hops verbrauchen zusätzliche Sendezeit.

Zwei grundsätzlich unterschiedliche Transportwege

FLOOD - passende Stationen können weiterleiten

Die tatsächliche Weitergabe hängt u. a. von Scope, Hop-Limit und Duplikaten ab.

DIRECT - ein bekannter Weg wird gezielt genutzt

Ein Direktpfad ist nicht einfach dieselbe Nachricht, die blind alle Repeater wiederholen.

Funktionsprinzip, keine vollständige Darstellung des Paketformats.

Ein sichtbarer Kontakt, ein empfangenes Advert oder eine Nachricht im öffentlichen Kanal bedeutet **nicht automatisch**, dass deine eigene Nachricht denselben Rückweg zum entfernten Teilnehmer findet. Sender und Empfänger benötigen jeweils passenden Funkkontakt und kompatible Konfigurationen. [Q3]

Nachrichten und Privatsphäre

Öffentliche oder aus dem Namen abgeleitete Kanäle dürfen nicht als vertraulich angesehen werden. Wer mit privaten Informationen kommuniziert, benötigt einen geeigneten geheimen Kanal bzw. die passende direkte Verschlüsselung und muss Schlüssel sicher austauschen. Standortdaten und Eigentümerinformationen in Adverts sind bewusst zu wählen. [P1][Q3]

Was ein Empfangsprotokoll wirklich beweist

Das Empfangen einer Kanalnachricht bedeutet zunächst nur: Ein konkretes Funkpaket wurde mit ausreichender Qualität dekodiert und an die Anwendung übergeben. Es sagt nicht, ob dein eigener Companion denselben Repeater erreicht, ob ein fremder Repeater deine Region weiterleitet oder ob der Empfänger eine Antwort senden kann. Diese Unterschiede erklären zahlreiche scheinbar widersprüchliche Beobachtungen.

Beobachtung	Was belegt ist	Was noch offen bleibt
Repeater erscheint als Kontakt	Eine Bekanntgabe ist beim Gerät angekommen.	Administrative Anmeldung und Rückrichtung.
Public-Nachricht sichtbar	Ein Kanalpaket wurde empfangen.	Eigene Reichweite bis zur fremden Region.
Nachricht bei zwei Personen angekommen	Ein konkreter Weg funktionierte mindestens einmal.	Dauerhafte Stabilität und Reproduzierbarkeit.
Direct-Nachricht bleibt aus	Übermittlung war nicht nachweislich erfolgreich.	Ob Funkstrecke, Schlüssel, Pfad oder Routing ursächlich ist.

Beispiel für den Test: Zwei Beteiligte vereinbaren eine eindeutige Kennung wie „GI-T01“, Uhrzeit und Ziel; der Empfänger bestätigt „GI-T01 erhalten“. Eine bloß gesendete Nachricht ohne Empfangsbeleg zählt nicht als erfolgreiche Übertragung.

KAPITEL 03 / FUNKPHYSIK

Wie die Funkstrecke wirklich funktioniert

Der beste Repeater nützt wenig, wenn Antenne, Gelände und Empfangsbedingungen nicht zusammenpassen.

Reichweite entsteht am Standort

LoRa arbeitet mit kleinen Datenraten und kann unter günstigen Umständen weite Entfernungen überbrücken. Feste Kilometerangaben wären dennoch irreführend: Freie Sicht, Vegetation, Hauswände, Geländekanten, Höhe, Antennenausrichtung, Verluste im Kabel und Störungen verändern das Ergebnis stark. [P1]

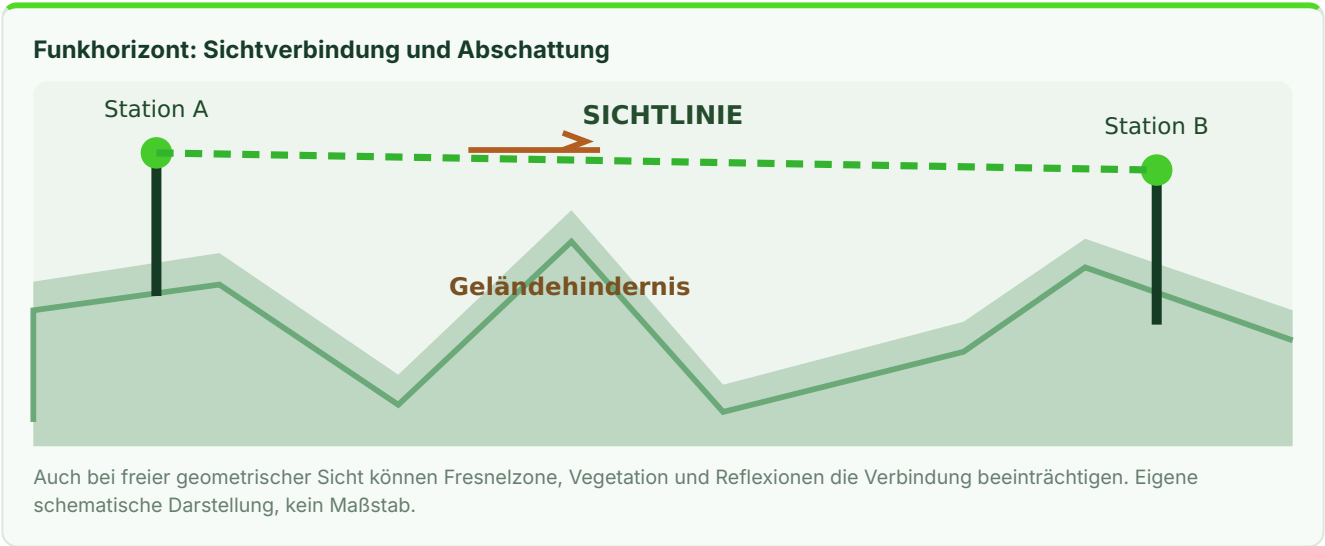
Ein Höhenprofil ist wichtiger als der Luftlinien-Abstand

GÜNSTIG: erhöhte Standorte mit freiem Funkkorridor
Beide Antennen sehen sich funktechnisch gut; der Weg bleibt dennoch testpflichtig.

KRITISCH: Bergkuppe oder Gebäude zwischen den Stationen
Abschattung kann Empfang vollständig verhindern, auch bei kürzerer Luftlinie.

UNTERSCHÄTZT: Antenne neben Mast, Dachkante oder Metall
Montageumgebung kann Abstrahlung und Empfang spürbar verändern.

Drei qualitative Beispiele; daraus lassen sich keine garantierten Kilometer ableiten.



RSSI, SNR und Paketverlust

Kennwert	Was er beschreibt	Wie du ihn verwendest
RSSI	Gemessene Signalstärke am Empfänger (dBm).	Nur zusammen mit Rauschen, SNR und Paketqualität bewerten.

Kennwert	Was er beschreibt	Wie du ihn verwendest
SNR	Verhältnis Signal zu Rauschen (dB).	Relevant für die Demodulation, abhängig von Funkprofil/Hardware.
Paketverlust	Anteil nicht erfolgreich empfangener Testpakete.	Für Praxistauglichkeit entscheidender als Einzelmesswerte.
Airtime	Zeit, die eine Aussendung tatsächlich den Funkkanal belegt.	Direkt relevant für Netzlast und Rechtsgrenzen.

Ein einzelner guter SNR-Wert sagt wenig über Verfügbarkeit bei Regen, wechselnder Vegetation oder ausgelastetem Funkkanal. Dokumentiere mehrere Messreihen zu unterschiedlichen Tageszeiten und an mehreren Standorten.

Die Fresnelzone – warum „fast freie Sicht“ nicht genügt

Funkwellen benötigen mehr Raum als eine gedachte dünne Linie zwischen zwei Antennen. Die sogenannte **Fresnelzone** um die direkte Funklinie sollte möglichst frei von Geländehindernissen, Ästen und Bauwerken bleiben. Eine knappe Sicht über einen Dachfirst kann darum trotz geometrischer Sicht eine störanfällige Strecke ergeben. Für die Planung helfen Höhenprofile, reale Funkmessungen bleiben aber maßgeblich.

Ein verlässlicher Standorttest

- 1 Am Kandidatenstandort die Antenne sicher provisorisch aufbauen, ohne die Genehmigungs- und Sicherheitsfrage zu umgehen.
- 2 Mit gleichem Funkprofil an mehreren Gegenstellen nacheinander senden und empfangen.
- 3 Nicht nur Spitzenwerte notieren, sondern für jede Strecke eine Serie von Testnachrichten zählen.
- 4 Standort, Höhe und Ausrichtung jeweils einzeln verändern; Unterschiede vor und nach der Änderung vergleichen.

Praktischer Befund: Eine einzige erfolgreich empfangene Nachricht genügt nicht als Beleg für einen langfristig stabilen Link. Schon kleine Standortänderungen können bei Reflexionen und Abschattung große Unterschiede bewirken.

KAPITEL 04 / PLANUNG

Netzplanung in Hessen: zuerst die Lücke

Ein lokales Netz entsteht aus getesteten Verbindungen und abgestimmten Betreibern – nicht durch eine große, ungeprüfte Anzahl von Stationen.

Was MeshCore Hessen organisiert – und was nicht

Die drei hessischen Regierungsbezirke **Kassel, Gießen und Darmstadt** können der Plattform als organisatorische Gliederung dienen. Sie sind **keine automatische Funk- oder Repeater-Regionshierarchie**. Technische Regionsnamen werden in Kapitel 13 gesondert erklärt. [P1]

Eine sinnvolle Bedarfsanalyse

- 1 **Ziel definieren:** z. B. Verbindung einer Nachbarschaft zum Nachbarort oder Erschließung eines bislang unversorgten Tals.
- 2 **Ist-Zustand prüfen:** Karten, bekannte Repeater und tatsächliche Funkkontakte sammeln; Karteneinträge sind kein Beweis für einen funktionierenden Pfad.
- 3 **Betreiber ansprechen:** Frequenzprofil, Region/Scope, Zuständigkeit und bekannte Engpässe abstimmen.
- 4 **Kandidaten vergleichen:** zuerst Standort und Antenne testen, dann über dauerhafte Hardware entscheiden.
- 5 **Nur nach Test installieren:** Eine Stationsadresse und die gemessenen Verbindungspfade festhalten.

Vier typische Rollen eines Standorts

Standortrolle	Sinnvoll, wenn ...
Füllstation	Ein Gebäude-/Ortsbereich direkt schlecht erreicht wird.
Talverbindung	Zwei erschlossene Teilgebiete durch einen geprüften Funkkorridor verbunden werden.
Regionalstation	Mehrere tatsächlich aktive Orte durch einen erhöhten Standort profitieren.
Grenzknoten	Zwischen Nachbarregionen oder über die Landesgrenze echte, abgestimmte Funkpfade bestehen.

KEIN NETZ AUF DER LANDKARTE ERFINDEN

Beispiele wie Landkreis Gießen ↔ Lahn-Dill-Kreis oder Gießen ↔ Wetterau sind **Planungsfälle**. Sie belegen keine bereits vorhandene, funktionierende Verbindung. Ein Kartenpunkt genügt nicht als Empfangsnachweis.

Vorher–Nachher-Vergleich für einen neuen Standort

Die wichtigste Frage ist nicht „Wie weit kommt mein Signal?“, sondern „Was kann das Netz nach der Installation, das vorher nicht zuverlässig möglich war?“. Definiere dazu mindestens zwei Prüfstellen: eine in der bisherigen Versorgungszone und eine in der vermuteten Funklücke. Wiederhole den gleichen Nachrichtentest mit und ohne den Kandidaten. Dokumentiere sowohl erfolgreiche als auch fehlgeschlagene Versuche.

Versuchsreihe	Was verglichen wird	Entscheidung
Ohne neuen Knoten	Bestehende Erfolgsquote und Route.	Ist die Lücke reproduzierbar?
Mit Testknoten	Gleiche Sender, Zeitfenster und Nachrichtenzahl.	Verbessert sich der Empfang tatsächlich?
Mit normaler Netzlast	Verhalten bei mehreren aktiven Teilnehmern.	Entstehen zusätzliche Kollisionen?
Nach mehreren Tagen	Stromreserve und Qualität bei wechselnden Bedingungen.	Für Dauerbetrieb freigeben oder neu planen?

Die Karten von MeshCore und freiwillig betriebene Beobachtungsplattformen können bei der Planung helfen. Ihre Aktualität, Messmethode und Abdeckung sind aber unterschiedlich: Eine Lücke in einer Karte beweist nicht zwingend eine echte Funklücke.

KAPITEL 05 / STANDORT

Standortwahl, Genehmigung und Sicherheit

Der Funkplatz muss erreichbar, mechanisch sicher und dauerhaft betreibbar sein – nicht nur hoch.

Die Standort-Checkliste

- ☐ Freie Funkrichtung in die tatsächlich gewünschten Versorgungsgebiete überprüft.
- ☐ Erhöhte Position und Hindernisse (Dach, Bäume, Wände, Metall) dokumentiert.
- ☐ Zugang für Wartung und sichere Rettung geklärt.
- ☐ Erlaubnis des Eigentümers und ggf. weitere örtliche Vorgaben geprüft.
- ☐ Befestigung, Windlast, Wasserdichtigkeit und Absturzrisiko bewertet.
- ☐ Antennenkabel kurz und wettergeschützt planbar.
- ☐ Stromversorgung und Winterreserve realistisch möglich.
- ☐ Nächste Repeater geprüft; zusätzliche Weiterleitung tatsächlich hilfreich.

Genehmigung ist nicht gleich Funkrecht

Dass das Sendefrequenzband allgemein zugeteilt ist, bedeutet nicht, dass ein Gerät ohne Erlaubnis an jeden Mast, jedes Silo oder jedes Dach montiert werden darf. Eigentümerrechte, Baurecht, Gebäude- und Elektrosicherheit, Blitzschutz, Haftung und gegebenenfalls betriebliche Sicherheitsregeln sind eigenständig zu prüfen.

Masten, Dächer und Blitzschutz

Exponierte Metallkonstruktionen und lange Außenleitungen bringen elektrische Risiken. Eine Antenne auf einem Gebäude ist nicht allein durch eine Gummidichtung gegen Überspannung oder Blitzschäden geschützt. Erdung, Überspannungsableiter und Einbindung in ein vorhandenes Blitzschutzkonzept gehören in fachkundige Planung; auf hohen oder öffentlich zugänglichen Standorten nicht als Laienarbeit behandeln.

SICHERHEITSGRENZE

Keine Montage in absturzgefährdeten Bereichen ohne geeignete Fachkräfte, keine Arbeiten an fremden Funkanlagen und keine improvisierten 230-V-, Blitzschutz- oder Dacharbeiten.

Standortfreigabe: Eigentümer und Betreiber getrennt betrachten

Ein geeigneter Montagepunkt ist noch keine erteilte Erlaubnis. Der Eigentümer kann den Standort freigeben, aber einzelne Arbeiten können trotzdem zusätzliche betriebliche oder öffentliche Vorgaben auslösen. Vor dem Kauf von Halterungen empfiehlt sich ein kurzer schriftlicher Standortsteckbrief.

Im Standortsteckbrief festhalten

Standort und Ansprechpartner

Wozu dient die Information?

Vermeidet unklare Zuständigkeit bei Störung, Eigentümerwechsel und Rückbau.

Im Standortsteckbrief festhalten	Wozu dient die Information?
Montagehöhe, Untergrund, Zugangsweg	Grundlage für sichere Montage, Windlast, Wartungsablauf und Werkzeugwahl.
Antenne und Kabelführung	Prüfung von Abstand, Feuchtigkeit, HF-Verlusten und Blitzschutzkonzept.
Versorgung und Energiebedarf	Netzteil beziehungsweise Winterauslegung eines autarken Systems festlegen.
Rückbau, Versicherung, Kontaktkette	Regelt, wie die Station bei Gefahr oder nach Ende der Nutzung entfernt wird.

MONTAGE IN DER HÖHE

Arbeiten an Masten, Dächern, Schornsteinen oder fremden technischen Bauwerken sind keine gewöhnliche Basteltätigkeit. Dieses Handbuch enthält bewusst keine universellen Anweisungen für Absturzsicherung, Blitzschutz, Dachabdichtung oder Tragwerksbemessung; diese hängen vom Standort ab und gehören in fachkundige Hände.

KAPITEL 06 / GESETZ UND TECHNIK

Funkrecht: Was in Deutschland wirklich gilt

Ein hilfreiches Handbuch muss gesetzlich erlaubte Nutzungsbedingungen von regionalen Funkprofilen trennen.

BNetzA-Allgemeinzuteilung statt „868 MHz ist immer frei“

In Deutschland regelt die Bundesnetzagentur die allgemein zugeteilte Nutzung bestimmter Kurzstreckenfunk-Frequenzen. Die **Verfügung 91/2025** enthält unterschiedliche Teilbänder, maximal zulässige **ERP**-Sendeleistungen und Vorgaben zu Frequenzzugang bzw. alternativem Arbeitszyklus. Die folgende Tabelle gibt relevante Zeilen der Verfügung wieder, aber nicht alle Sonderregeln und Fußnoten. [Q4]

Frequenzbereich	Leistungsgrenze laut Tabelle	Frequenzzugang / alternative Duty-Cycle-Bedingung
868,0–868,6 MHz	25 mW ERP	Störungsminderungs-/Zugangsverfahren oder alternativ $\leq 1 \%$
868,7–869,2 MHz	25 mW ERP	Störungsminderungs-/Zugangsverfahren oder alternativ $\leq 0,1 \%$
869,4–869,65 MHz	500 mW ERP	Störungsminderungs-/Zugangsverfahren oder alternativ $\leq 10 \%$

RECHTLICHE EINORDNUNG

Die Grenzwerte heißen hier **ERP** und dürfen nicht ohne Umrechnung als EIRP bezeichnet werden. Relevant sind die tatsächliche abgestrahlte Leistung einschließlich Verstärker, Kabel und Antenne, die reale belegte Bandbreite und sämtliche weiteren Bedingungen der maßgeblichen Allgemeinzuteilung. **Eine Softwareeinstellung allein beweist keine Konformität.** [Q4]

ERP, EIRP und dBm: nicht verwechseln

ERP bezieht sich auf einen Halbwellendipol; **EIRP** auf einen isotropen Strahler. Es gilt näherungsweise **EIRP [dBm] = ERP [dBm] + 2,15 dB**. Die häufig genannte Leistung des LoRa-Chips (`set_tx`) ist nicht zwingend die Leistung am Antennenanschluss oder die ERP einer fertigen Installation: Zusätzliche Endstufen und Antennengewinn verändern die Bilanz. [Q1][Q4]

Was ist der Arbeitszyklus?

Duty Cycle meint den Anteil der betrachteten Zeit, während dessen ein Sender tatsächlich sendet. **10 % von einer Stunde sind 360 Sekunden** Sendezeit; 1 % sind 36 Sekunden; 0,1 % sind 3,6 Sekunden. Diese Zahlen zeigen den rechnerischen Zusammenhang, nicht automatisch die zulässige Größe für jede Frequenz und jedes Gerät. [Q4]

Sendezeit über eine Stunde – nur Zahlenvergleich

10 % = 360 Sekunden Sendezeit je Stunde

Nur dort eine maßgebliche Alternative, wo das jeweilige Teilband dies vorsieht.

1 % = 36 Sekunden Sendezeit je Stunde

Andere Frequenzbereiche können strengere Vorgaben haben.

0,1 % = 3,6 Sekunden Sendezeit je Stunde

Rechenbeispiel, keine Empfehlung für das hessische Funkprofil.

Die Darstellung ersetzt weder eine Konformitätsprüfung noch die Auslegung eines Frequenzzugangsverfahrens.

Beispiel: Was heißt 10 % bei häufigen Weiterleitungen?

Angenommen, eine einzelne Aussendung belegt den Kanal im Mittel **0,5 Sekunden**. Dann entsprechen **360 Sekunden** einem rechnerischen Maximum von **720 Aussendungen pro Stunde**, wenn ausschließlich diese eine Art von Aussendung vorkommt. In einem echten Repeaterbetrieb variieren Paketlängen, Raten, Adverts und Wartedauern; außerdem darf man aus einer solchen Rechenaufgabe weder Netzkapazität noch garantierte Zustellquote ableiten. Es geht um die **eigene tatsächliche Sendezeit** der Station, nicht um ein persönliches Nachrichtenkontingent pro Teilnehmer.

ETSI EN 300 220-2: wichtige Norm, aber keine zusätzliche „Funkfreigabe“

Für SRD-Funkgeräte gibt es europäische harmonisierte technische Normen. Die **ETSI EN 300 220-2, Version 3.3.1 (2025-03)** behandelt unter anderem Anforderungen an abgestrahlte Leistung, belegte Bandbreite, Störaussendungen und den Frequenzzugang nicht spezifischer SRD-Funkgeräte. Sie ist vor allem für die technische Konformitätsbewertung eines Produkts relevant. **Sie legt nicht pauschal die erlaubte Sendezeit für jeden deutschen 868-MHz-Teilbereich fest.** [Q10]

DREI EBENEN SAUBER AUSEINANDERHALTEN

1. Nationales Funkrecht: Bundesnetzagentur, aktuell die für den Teilbereich geltende Allgemeinverteilung mit allen Fußnoten und Sonderbedingungen. **2. Technische Produktkonformität:** anwendbare EU-Vorschriften und einschlägige harmonisierte Normen, z. B. ETSI EN 300 220-2. **3. MeshCore-Konfiguration:** passende Firmware- und Netzeinstellungen, die weder die ersten noch die zweiten Regeln außer Kraft setzen.

Ein CE-Zeichen oder das Vorkommen einer Frequenz in einer technischen Norm ersetzt weder die Prüfung des vorgesehenen Verwendungszwecks noch die ERP-/Frequenz-/Arbeitszyklusbedingungen des tatsächlichen Betriebs. Für einen selbst gebauten oder veränderten Aufbau müssen außerdem Antennengewinn, Zubehör und gegebenenfalls veränderte Produktkonformität berücksichtigt werden.

Prüffragen zu Leistung und Funkband

- ☐ Vollständige aktuelle Allgemeinverteilung einschließlich Fußnoten gelesen.
- ☐ Frequenz und belegte Bandbreite liegen im tatsächlich erlaubten Bereich.
- ☐ Zugangstechnik oder alternative Arbeitszyklus-Bedingung nachvollziehbar erfüllt.
- ☐ Datenblatt und Messung für die tatsächliche ERP einschließlich Antenne und Kabel vorhanden.
- ☐ Abweichungen bei Verstärker, Antenne oder Firmware neu bewertet.

Hinweis: In der offiziellen MeshCore-CLI ist für neuere Firmware der softwareseitige Duty-Cycle-Grenzwert separat einstellbar. Auslieferungswerte und veraltete „AF“-Erklärungen dürfen nicht mit deutschem Funkrecht verwechselt werden.

KAPITEL 07 / INTEROPERABILITÄT

Funkprofil: Frequenz, Bandbreite, SF und CR

Ein Repeater kann völlig korrekt arbeiten und trotzdem von der Nachbarstation nicht gehört werden – weil das Funkprofil abweicht.

Parameter	Frage, die er beantwortet	Praxisfolge
Frequenz (MHz)	Auf welcher Trägerfrequenz wird gesendet?	Sender und Empfänger müssen kompatibel eingestellt sein.
Bandbreite BW (kHz)	Wie breit ist das modulierte Funksignal?	Unpassende Bandbreite verhindert Dekodierung.
Spreading Factor SF	Welche LoRa-Symbol-/Spreizcharakteristik gilt?	Wirkt auf Airtime und Empfangseigenschaften.
Coding Rate CR	Wie viel Vorwärtsfehlerkorrektur wird genutzt?	Muss zur Kommunikationsgruppe passen.

Ein verbreitetes, regional zu prüfendes Profil

In deutschen Communities wird unter anderem **EU/UK Narrow** mit **869,618 MHz / BW 62,5 kHz / SF 8 / CR 8** verwendet. Diese Werte sind ein **regional gebräuchliches Beispiel**, kein aus der Bundesnetzagentur-Verfügung ableitbarer Standard und kein universeller MeshCore-Firmware-Default. Sie passen nur dann, wenn das tatsächliche Funknetz und die Geräte dieselben Parameter verwenden. Der offizielle Firmware-Default kann deutlich anders sein. [Q1][Q3][Q7]

OFFIZIELLER CLI-BEFEHL + REGIONAL ABZUSTIMMENDER BEISPIELWERT

```
get radio
# Erst aktuell auslesen, nicht blind überschreiben.
# Beispiel für ein zuvor abgestimmtes EU/UK-Narrow-Profil:
set radio 869.618,62.5,8,8
reboot
get radio
```

NICHT MEHRERE EINZELFUNKBEFEHLE ERFINDEN

Die aktuelle offizielle CLI dokumentiert `set radio <freq>,<bw>,<sf>,<cr>`. Eine ältere Anleitung mit separaten `set bw`, `set sf` und `set cr` ist deshalb kein geeigneter allgemeiner Referenzweg. `set radio` erfordert laut Dokumentation einen Neustart. [Q1]

Vor einer Änderung

- ☐ Partner-Repeater und Companion auf identisches, vereinbartes Profil geprüft.

- ☐ Frequenzbereich, reale Signalbandbreite und rechtliche Zulässigkeit abgeglichen.
- ☐ Bisheriges Profil, Firmware und Rückfallweg dokumentiert.
- ☐ Änderung zunächst am erreichbaren Testgerät erprobt.
- ☐ Antenne beim Senden ordnungsgemäß verbunden.

Warum die Frequenz allein nicht reicht

Zwei Geräte, die beide „869 MHz“ anzeigen, können vollständig aneinander vorbeifunken. Unterschiedliche Bandbreite, Spreading Factor und Coding Rate führen dazu, dass der Empfänger das Paket nicht passend dekodieren kann. Ein gutes Diagnoseschema liest daher **alle vier Werte** an Companion und Repeater aus – nicht nur die große MHz-Zahl auf dem Display.

Prüfung	Ergebnis A	Ergebnis B
Frequenz	gleich	abweichend: kein kompatibler Empfang
Bandbreite	gleich	abweichend: Signal kann unlesbar sein
SF und CR	gleich	abweichend: LoRa-Dekodierung misslingt
Gleichzeitig getestet	Empfang in kurzer Distanz	zuerst Antenne, Firmware und Sendeleistung prüfen

Ein Firmware-Update kann neue Presets bereitstellen oder Werte anders anzeigen. Deshalb vor und nach jedem Update alle vier Parameter dokumentieren; bei einer Umstellung benachbarte Betreiber informieren.

KAPITEL 08 / GERÄTE

Die passende Hardware auswählen

Eine geeignete Platine ist nur der Anfang. Entscheidend sind offizielle Firmwareunterstützung, zuverlässige Versorgung und dauerhafte Wartbarkeit.

In welcher Reihenfolge wird ausgewählt?

- 1 **Unterstützung prüfen:** Ist die exakte Board-Revision im offiziellen Flasher mit Repeater-Firmware aufgeführt? [Q5]
- 2 **Funkvariante:** Stimmen Frequenzbereich, HF-Pfad, Antennenanschluss und zulässige Ausgangsleistung?
- 3 **Versorgung:** Gibt es dokumentierte Eingänge für Versorgung, Akku und gegebenenfalls Ladeelektronik?
- 4 **Wartbarkeit:** USB-/Seriellzugang, Firmwareupdates und Verwaltungszugriff verfügbar?
- 5 **Mechanik:** Befestigung, Temperatur, Kondenswasser und Stecker langfristig beherrschbar?

Typische Gerätetypen

Typ	Vorteile	Worauf besonders achten?
Fertige Solar-Station	Integriertes Gehäuse, abgestimmtes Hardware-Konzept.	Nur Herstellerangaben zu Winterreserve, Akku, Montage und Repeater-Firmware vertrauen.
nRF52/WisBlock/XIAO	Bei geeigneter Auslegung stromsparend.	Exakte Variante, Carrier, Spannungen, Antennenkabel und Ladeweg prüfen.
ESP32-basiert	Breite Geräteauswahl und gute USB-Einrichtung.	Messbaren Standby-Verbrauch für Solarplanung berücksichtigen.
Station mit externer Stromquelle	Kann Wartung und Dauerbetrieb vereinfachen.	Netzteil, Überspannung und wetterfeste Leitungsführung sicher auslegen.

Die offizielle Liste tatsächlich unterstützter Geräte wird durch den **MeshCore-Flasher** und die aktuelle Geräteversion bestimmt. Shoptexte oder der bloße Aufdruck „LoRa 868“ ersetzen diese Prüfung nicht. [Q3][Q5]

KEINE UNIVERSAL-VERDRAHTUNG

„3,7-V-Akku“, „5-V-Solarmodul“ oder ein beliebiges MPPT-Board sind keine ausreichenden Angaben für einen sicheren Schaltplan. Unterschiedliche Platinen haben unterschiedliche Batterie-, USB- und Spannungswandlerpfade. Im Zweifel Originalschaltplan des Herstellers anfordern.

Die Hardwareentscheidung in vier Fragen

- 1 **Firmware vorhanden?** Im offiziellen Flasher das konkrete Board und die Rolle „Repeater“ suchen. Eine ähnliche Modellbezeichnung reicht nicht.
 - 2 **EU-Funkteil und Antenne geeignet?** Frequenzbereich, HF-Anschluss, mögliche Zusatzendstufe und passende Antenne anhand der Herstellerdaten klären.
 - 3 **Stromprofil bekannt?** Verbrauch nicht aus dem Prozessornamen erraten, sondern tatsächliche Aufnahme bei Empfang, Senden und Ruhe messen.
 - 4 **Wartung möglich?** Erreichbarer USB-/Updateweg, Schutz des Adminzugangs, Ersatzgerät und Rückfallversion vorhanden?
-

Warum derselbe Chip noch keinen gleichen Repeater ergibt

Selbst zwei Geräte mit identischem LoRa-Chip können sich durch Spannungsregler, Display, zusätzliche Funkverstärker, Anschlussbuchsen, Antennenumschaltung und Firmware-Unterstützung erheblich unterscheiden. Die bloße Aufschrift „SX1262“ oder „nRF52840“ ist deshalb **keine Freigabe** für dieselbe Verkabelung oder dieselbe Sendeleistung.

Beschaffungspraxis: Zunächst ein Testgerät vollständig aufbauen, messen und mindestens einige Tage betreiben. Erst danach identische Reservegeräte für weitere Standorte beschaffen. Eine vergleichbare Ersatzhardware wird getrennt dokumentiert und erneut getestet.

KAPITEL 09 / FUNKHARDWARE

Antenne, Koaxkabel und HF-Bilanz

Die Antenne ist Teil des Gesamtsystems. Eine nominell stärkere Antenne ist nicht automatisch die bessere oder rechtlich zulässige Lösung.

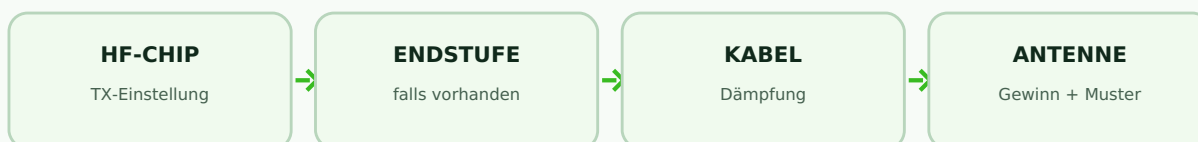
Was bei Antennen entscheidend ist

- **Passender Frequenzbereich:** Antenne und Kabel müssen zur tatsächlich verwendeten Frequenz passen.
- **Passender Anschluss:** SMA, RP-SMA, U.FL/IPEX und Adapter nicht verwechseln; mechanische Gewalt kann die Buchse beschädigen.
- **Polarisation:** Übliche vertikale Antennen am besten entsprechend ausrichten; stark unterschiedliche Polarisation kostet Pegel.
- **Montageumgebung:** Abstand zu Wänden, Geländern, großen Metallen und der Elektronik beachten.
- **Wetterschutz:** Außentaugliche Steckverbinder fachgerecht abdichten; Wasser im Koax verursacht hohe Verluste.
- **Kabellänge:** Ein langes, schlechtes Koaxkabel kann Antennengewinn vollständig aufbrauchen.

Beispiel einer HF-Bilanz

Nur zur Erklärung: Liegen am Antennen Ausgang **14 dBm** an, das Antennenkabel verliert **2 dB** und die Antenne hat **5 dBi** Gewinn, ergibt sich rechnerisch **17 dBm EIRP** ($= 14 - 2 + 5$). In ERP entspricht das etwa **14,85 dBm**. Diese Beispielwerte sind frei gewählt; für ein reales Gerät sind Ausgangsmessung, zusätzliche Verstärker und Herstellerdaten maßgeblich.

Die Sendeleistung am Chip ist nicht die abgegebene Strahlungsleistung



Erst das Zusammenspiel erlaubt eine ERP-/EIRP-Bewertung.

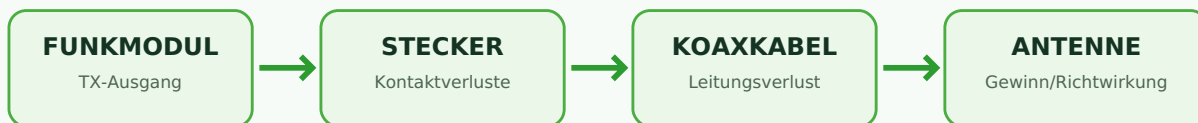
Antenne und Leitungsverluste gehören zur rechtlichen Gesamtbetrachtung.

ANTENNE NIE UNTER SENDEBETRIEB ABZIEHEN

Fehlanpassung und unzulässige Ausgangsleistungen können die Hardware beschädigen. Externe Verstärker, überlange Koaxleitungen und unbekannte „High-Gain“-Antennen nicht ungeprüft kombinieren.

Antennenweg – vom Funkmodul in die Luft

Das ganze HF-System betrachten, nicht nur den Antennengewinn



Für die zulässige abgestrahlte Leistung die gesamte Kette einschließlich Zusatzendstufen bilanzieren.

Eigene Prinzipskizze; die elektrischen Eigenschaften müssen aus Datenblättern oder Messungen stammen.

Ein Beispiel zur Bewertung der Verluste

Eine Antenne mit nominell höherem Gewinn verbessert die Gesamtanlage nicht zwangsläufig. Wenn lange Kabel oder ungeeignete Adapter zusätzliche Dämpfung erzeugen, kann der nutzbare Gewinn deutlich kleiner ausfallen. Außerdem beeinflussen Polarisation und Montageumgebung den tatsächlichen Funkpfad. Kürzere, geeignete Leitungen und fachgerechte Steckverbindungen sind oft wirkungsvoller als ein unüberprüfter Antennentausch.

KOAX UND WASSERSCHUTZ

Außenanschlüsse gegen eindringendes Wasser und mechanische Entlastung schützen. Die Art der Abdichtung richtet sich nach Steckertyp und Herstellervorgaben. Wasser im Koax kann den Empfang über längere Zeit verschlechtern, auch ohne sofort sichtbaren Ausfall.

KAPITEL 10 / ENERGIE

Stromversorgung und elektrischer Schutz

Bei Infrastrukturstationen muss eine Stromversorgung zuverlässig und sicher sein – auch bei Sendespitzen.

Versorgungsarten und Risiken

Versorgung	Einsatzbereich	Kontrollpunkte
USB/Netzteil	Geschützte Standorte mit zuverlässiger Steckdose.	Geprüftes Netzteil, Zugentlastung, Feuchtigkeit, Überspannung.
Akku	Zeitlich begrenzter, mobiler Betrieb.	Passender Spannungsbereich, Unterspannungsabschaltung, Absicherung.
Solar + Akku	Geeignete autarke Standorte mit genügend Winterertrag.	Regler, Batterietechnologie, Ladetemperatur, Dimensionierung, Wartung.

Warum ein Mehrfach-Akkupack anspruchsvoll ist

Bei Lithiumzellen müssen Zellenzustand, Zellchemie, Laderegulierung, Schutzschaltung, Leitungsquerschnitt und Kurzschlusschutz zusammenpassen. Parallelgeschaltete Einzelzellen dürfen nicht einfach ungeprüft miteinander verbunden werden; falsche Spannungslagen können sehr hohe Ausgleichsströme verursachen. Ein „1S-BMS“ ist nicht gleichbedeutend mit einer vollständigen Solar-Ladeeinheit.

Vier elektrische Nachweise vor dem Einbau

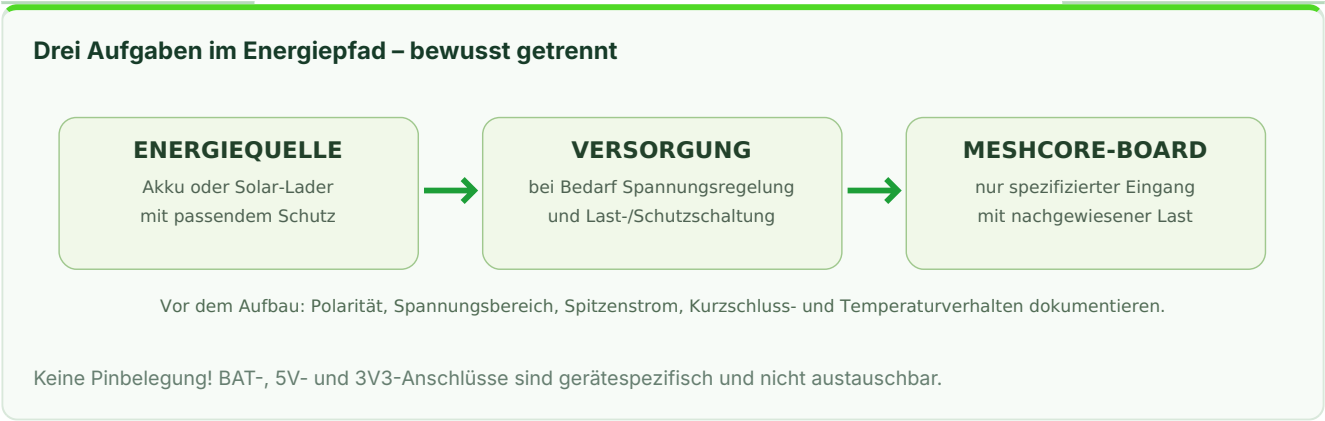
- ☐ Datenblatt des Boards: tatsächlich zulässiger Spannungsbereich am vorgesehenen Eingang.
- ☐ Spitzenstrom des Senders und Spannungsabfall unter Last gemessen.
- ☐ Ladegerät/Regler passend zu Zellchemie, Zellzahl und Modulkennlinie.
- ☐ Verpolung, Kabelscheuern, Kurzschluss und Unter-/Übertemperatur organisatorisch und elektrisch beherrscht.

NICHT NACH VERMUTUNG VERKABELN

Ein BAT-Pad, 5-V-Pin und 3V3-Pin dürfen nicht als austauschbare Spannungsanschlüsse behandelt werden. Ohne Schaltplan, Spezifikation und Messung ist keine feste Anschlussanweisung verantwortbar.

Vor dem Anschluss: den tatsächlichen Strompfad zeichnen

Ein Ladegerät ist nicht automatisch ein geeigneter Versorgungsregler für ein Funkboard. Ladeausgang, Batterieanschluss und geregelter Lastausgang können je nach Modul unterschiedliche Aufgaben haben. Das folgende Bild ist eine **Funktionsübersicht** und ausdrücklich kein Verdrahtungsplan.



Messprotokoll vor dem Schließen des Gehäuses

Messung	Gesuchte Information	Was bei Abweichung geschieht
Spannung ohne Last	Liegt sie im spezifizierten Eingangsbe- reich?	Nicht verbinden; Verdrahtung prüfen.
Spannung beim Senden	Bricht die Versorgung bei Lastspitzen ein?	Strompfad und Leitungen überprüfen.
Stromaufnahme in mehreren Betrieb- phasen	Grundlage der Solar- und Akkukalku- lation.	Dimensionierung überarbeiten.
Temperatur und Abschaltverhalten	Bleibt die Schaltung innerhalb ihrer Freigaben?	Dauerbetrieb nicht freigeben.

KAPITEL 11 / SOLAR

Solarstation: Energie- und Winterbilanz

Eine Station muss nicht an einem sonnigen Mittag funktionieren, sondern über viele trübe Wintertage hinweg.

Blöcke einer autarken Versorgung – bewusst kein Verdrahtungsplan



Zwischen den Blöcken können zusätzliche Sicherungen und Schutzschaltungen nötig sein.

Konzeptgrafik; konkrete elektrische Verbindungen ausschließlich nach den Geräte- und Reglerdatenblättern.

Rechnen mit gemessener Leistung

Beispiel ausschließlich zur Dimensionierung: Nimmt ein Repeater durchschnittlich **0,12 W** auf, ergibt sich ein Tagesbedarf von **$0,12 \times 24 = 2,88 \text{ Wh}$** . Für fünf Tage ohne ausreichenden Solarertrag braucht die Last **14,4 Wh**. Sind von der nominellen Akkuenenergie nach Spannungswandlung, Temperatur, Alterung und zulässiger Entladetiefe zusammen beispielhaft nur **70 % nutzbar**, entspricht das einer nötigen Nennenergie von ungefähr **20,6 Wh** ($14,4 / 0,70$). Die 70 % sind ein Rechenansatz, **kein Herstellerwert**.

Formelsammlung

Größe	Formel	Beispiel
Tagesenergie	$\text{Wh/Tag} = W \times 24 \text{ h}$	$0,12 \text{ W} \rightarrow 2,88 \text{ Wh/Tag}$
Autonomieenergie	$\text{Wh} = \text{Wh/Tag} \times \text{Tage}$	$2,88 \times 5 \rightarrow 14,4 \text{ Wh}$
Nennenergie Akku	$\text{Wh} = \text{Lastenergie} / \text{Nutzanteil}$	$14,4 / 0,70 \rightarrow 20,6 \text{ Wh}$
Sendezeit pro Stunde	$s = 3600 \times \text{Duty-Cycle-Anteil}$	$10 \% \rightarrow 360 \text{ s}$

Warum das Solarmodul nicht nur nach Watt gekauft wird

Die Nennleistung (W_p) gilt unter definierten Testbedingungen. Reale Erträge hängen von Standort, Ausrichtung, Verschattung, Schmutz, Temperatur und Wetter ab. Für ganzjährigen Betrieb in Hessen gehören eine standortbezogene Winterertragsschätzung, Ladeverluste und mehrere zusammenhängende Schlechtwettertage zur Planung. Die Dimensionierung sollte anhand gemessener Geräteverbräuche und realer Ertragsdaten erfolgen, nicht anhand einer pauschalen Akku-Laufzeit aus einem Forum.

SOLAR IST NICHT AUTOMATISCH WARTUNGSFREI

Akkus altern; Schnee, Laub und Feuchtigkeit verändern die Erträge. Ein autarker Repeater braucht auch eine Strategie für Strommangel, winterliche Temperaturen, Diagnose und Zugang zum Gehäuse.

Solarbetrieb: fünf häufig unterschätzte Risiken

Risiko	Auswirkung	Vorbeugende Prüfung
Dauerhafte Teilverschattung	Wesentlich weniger Energie als die Modulleistung vermuten lässt.	Sonnenstand und Schatten über den Tag erfassen.
Kalte Akkus beim Laden	Bei bestimmten Zellchemien ist Laden unterhalb der vorgesehenen Temperatur gefährlich.	Freigegebenes Ladefenster und Temperaturschutz prüfen.
Fehlende Reserve	Im Winter wiederholtes Abschalten.	Mehrere trübe Tage am Stück durchrechnen.
Regler-Eigenverbrauch	Elektronik verbraucht auch ohne Funk zusätzliche Energie.	Ruhestrom des gesamten Aufbaus messen.
Unterspannung bei Sendespitzen	Neustarts und scheinbar zufällige Funkfehler.	Spannung direkt am Board unter TX-Last messen.

Dimensionierungsregel: Die Energie des Systems ist die Summe aller Lasten – Funkmodul, Mikrocontroller, Regler, Sensorik und Eigenverbrauch der Ladeelektronik. Die Akkukapazität muss in **Wattstunden** mit einer nachvollziehbaren nutzbaren Reserve angesetzt werden. Milliamperestunden unterschiedlicher Zellspannungen sind nicht unmittelbar vergleichbar.

KAPITEL 12 / MECHANIK

Wetterfest bauen und montieren

Ein gutes Funkgerät im falschen Gehäuse kann nach wenigen Wochen ausfallen. Im Außenbetrieb zählen Details.

Feuchtigkeit kommt auch ohne Regen ins Gehäuse

Temperaturwechsel können Kondenswasser erzeugen. Die Montage muss den IP-Schutz des Gehäuses, passende Dichtungen, Kabeldurchführungen, Entlüftung/Druckausgleich nach Herstellerkonzept und die Lage der Anschlüsse berücksichtigen. Die Einstufung des leeren Gehäuses garantiert nach eigenen Bohrungen und Steckverbindungen keinen erhaltenen Schutzgrad.

- 1 Vorbereiten:** Bohrpositionen, Abstände zwischen Antenne und metallischen Teilen sowie Platz für Service-Schleifen festlegen.
- 2 Trocken testen:** Gerät, Radio, Akkustrom und Spannungsversorgung im offenen Aufbau prüfen.
- 3 Mechanisch montieren:** Halter gegen Vibration sichern; Kabel zugentlasten, keine scharfkantigen Durchführungen.
- 4 Abdichten:** geeignete Durchführung und Steckerschutz nach Bauteilspezifikation.
- 5 Funktionscheck:** nach dem Schließen erneut Empfang, Senden, Temperatur und Energieversorgung kontrollieren.

Innenaufbau als funktionale Zonen

Innenlayout eines wetterfesten Knotens

OBEN / ANTENNE UND DURCHFÜHRUNG

HF-Leitungsweg kurz halten; mechanische Zugbelastung abfangen.

MITTE / FUNKBOARD UND KABEL

Servicezugang, Abstand, korrekte Steckverbinder und sichere Fixierung.

UNTEN / AKKU UND LADEELEKTRONIK

Wärmeabfuhr, Kurzschlusschutz, Feuchtebarrieren und sichere Befestigung.

Schematische Anordnung, kein verpflichtender oder für jedes Gehäuse geeigneter Plan.

Typische Feuchtigkeitsschäden verhindern

Ein Gehäuse kann gegen Regen dicht sein und innen dennoch Feuchtigkeit sammeln: Temperaturwechsel, feuchte eingeschlossene Luft, unzureichend befestigte Kabelverschraubungen und Kondenswasser spielen zusammen. Die Entscheidung für Entlüftungselemente, Dichtmaterial und Beschichtungen muss zur Gehäusekonstruktion und den Bauteilen passen.

Bauteil	Häufige Schwachstelle	Prüfung bei der Montage
Gehäusedeckel	Dichtung verrutscht, Druckstellen, schlecht angezogene Schrauben.	Gleichmäßiger Sitz nach Anleitung; keine gequetschte Leitung.
Antennenanschluss	Wasser wandert an Gewinde oder Koax ein.	Steckerabdichtung und Zugentlastung passend ausführen.
Kabeldurchführung	Undichter Durchmesser oder fehlende Tropfschlaufe.	Durchführung zum Kabel passend auswählen und prüfen.
Solarregler und Akku	Hitze, Kälte, Kondensation, UV an Leitungen.	Betriebsfenster und Materialbeständigkeit nachweisen.

Abnahmeroutine für das fertige Gehäuse

- ☐ Dichtungen, Kabelwege und Zugentlastung mit Fotos dokumentiert.
- ☐ Keine ungeschützten blanken Kontakte; Befestigungen gegen Vibration und Scheuern gesichert.
- ☐ Antenne mechanisch stabil, ohne seitliche Belastung des Boardanschlusses.
- ☐ Servicezugang und Rückbau ohne Beschädigung des Bauwerks möglich.
- ☐ Nach einer Wetterperiode Feuchtigkeit, Korrosion und Stromwerte nachkontrolliert.

KAPITEL 13 / ROUTING UND HESSEN

Regionen und Scopes endlich verständlich

Das wichtigste Planungsthema: Eine Region ist kein Repeater-Name, kein Regierungsbezirk und keine automatische Kreisgrenze. Sie beschreibt, wohin bestimmte Flood-Nachrichten weitergeleitet werden dürfen.

REDAKTIONELLER GRUNDSATZ FÜR HESSEN

Die hier genannten Regions- und Gerätenamen sind nachvollziehbare Empfehlungen zur Abstimmung. Das gemeinsame Funknetz arbeitet nicht automatisch mit einem verpflichtenden Hessen-Verzeichnis. Offizielle MeshCore-Funktionen, regionale Vereinbarungen und das für Deutschland geltende Funkrecht sind drei unterschiedliche Dinge.

Die Grundidee mit einem Alltagssatz

Wenn zwei Menschen im Landkreis Gießen eine lokale Meldung austauschen, soll diese nicht unnötig durch ganz Deutschland wiederholt werden. Dafür kann ein Sender der Nachricht einen **Scope** – eine Regionskennung – geben. Repeater prüfen für geeigneten **gescopten Flood-Verkehr**, welche Regionen sie weitertragen sollen. Ohne abgestimmte Konfiguration kann die Nachricht jedoch auch an einer unerwarteten Stelle enden. [Q1][Q6]

Drei Ebenen, die nicht verwechselt werden dürfen

ORGANISATION · RB Gießen

Planung, Ansprechpartner und regionales Material; keine Routingregel.

REPEATER-IDENTITÄT · DE-HE-GI-Fernwald-01

Der sichtbare Gerätename; beliebige Benennung innerhalb technischer Grenzen.

TECHNISCHE REGION · de-he-gi

Vereinbarte Scope-Kennung und Repeater-Filter für bestimmte Flood-Pakete.

Regierungsbezirk, Stationsname und Funkregion sind unterschiedliche Begriffe.

Vorschlag für Hessen: an Landkreisen orientieren

Als **freiwillige Best Practice** empfehlen wir als ersten gemeinsamen Nenner: **Land / Bundesland / Landkreis** – beispielsweise **de** → **de-he** → **de-he-gi**. Die Landkreisgrenze ist **kein technisches Limit**. Erst wenn es einen nachgewiesenen Bedarf gibt, können weitere Orts- oder Sonderbereiche eingeführt werden. Die Abkürzungen müssen zuvor lokal vereinbart werden; nicht jedes denkbare Kürzel ist bereits im Netz gebräuchlich.

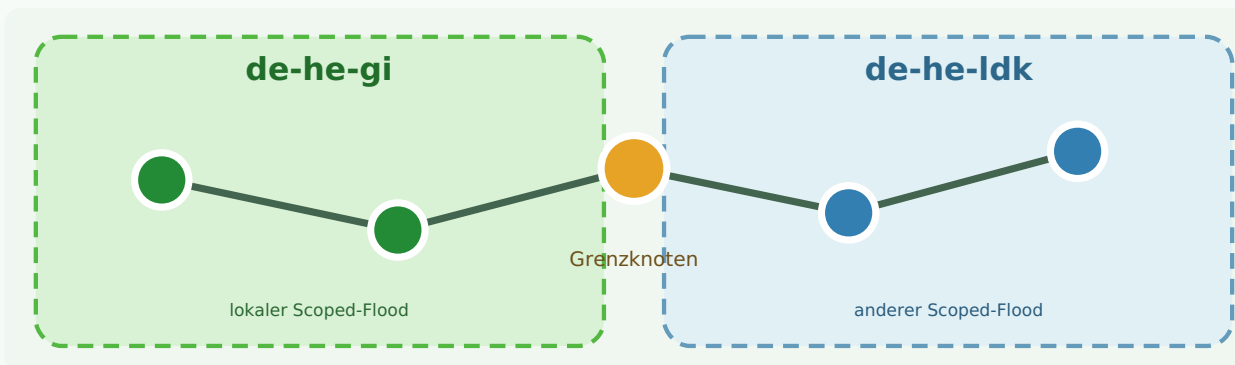
Code (Beispiel)	Bedeutung	Einordnung
de	Deutschland	sehr großer Verkehrskreis; bewusst einsetzen
de-he	Hessen	landesweiter Verkehrskreis; nur wenn nötig

Code (Beispiel)	Bedeutung	Einordnung
de-he-gi	Landkreis Gießen	empfohlene Ausgangsebene für lokale Absprache
de-he-ldk	Lahn-Dill-Kreis	Beispiel für mögliche Nachbarregion
de-he-fb	Wetteraukreis	Beispiel für mögliche Nachbarregion
de-he-gi-fernwald	optionale Ortsregion	nur bei begründetem zusätzlichem Bedarf
de-he-gi-kats	optionale Sonderkennung	keine amtliche Alarmierungsfunktion oder Priorität

LANDKREIS IST EMPFEHLUNG, KEINE GRENZE

Die offizielle MeshCore-Regionsverwaltung erlaubt verschachtelte Regionen. KiekR zeigt ebenfalls tiefere Orts-/Nachbarschafts-Unterteilungen als mögliches Beispiel. Für Hessen kann es trotzdem sinnvoller sein, **zunächst beim Landkreis aufzuhören**, um Nutzer nicht mit unnötigen Regionsschichten zu belasten. [Q1][Q6]

Regionen sind Weiterleitungsbereiche – nicht bloß Namen



Nur die eingerichteten Freigaben entscheiden über passenden Scoped-Flood-Verkehr. Die Linien zeigen lediglich mögliche Funkkontakte; sie belegen keine bestehenden hessischen Netze.

Repeater-Name ist nicht die technische Region

In der Community wird ein gut lesbares Schema mit **Land – Bundesland – Landkreis/Stadt – individuellem Stationsnamen** benutzt. Für Hessen ist das ein sinnvoller **freiwilliger Vorschlag**: **DE-HE-GI Fernwald-01** benennt einen Repeater; **de-he-gi** ist ein möglicher **Regionscode**. Groß-/Kleinschreibung und das Leerzeichen dienen unterschiedlichen Zwecken. Der Gerätenamen soll Menschen Orientierung geben; für den Regionscode gelten die Software-Regeln.

Zwei getrennte Einstellungen – ein verständliches Namensmuster

SICHTBARER REPEATER-NAME

DE-HE-GI Fernwald-01

DE = Deutschland · HE = Hessen · GI = Kfz-Kürzel · Rest = frei wählbar

TECHNISCHE REGION / SCOPE

de-he-gi

Nur nach expliziter Regions-Einrichtung und erlaubter Weiterleitung wirksam.

Die Verbindung zwischen Stationsnamen und transportierter Region besteht durch bewusste Konfiguration – nicht durch automatische Textauswertung.

Was bedeutet „an ISO 3166 angelehnt“ genau?

Die offiziellen ISO-3166-2-Codes für Deutschland erfassen **Bundesländer**: DE-HE steht für Hessen, DE-BY für Bayern und DE-TH für Thüringen. Das zusätzliche GI oder HEF im Repeater-Namen ist dagegen ein **Kfz-Zulassungskürzel** und kein weiterer Teil des ISO-3166-2-Codes. Das ganze Benennungsschema ist somit **ISO-orientierte Community-Konvention, keine ISO-Norm für MeshCore**. [Q11] [Q12]

Beispiel	So lesen	Einordnung
DE-HE	ISO 3166-2 für Hessen	Normierter Bestandteil
DE-HE-GI Repeater-01	Hessen + GI als Kfz-Kürzel + Stationsname	Community-Muster, kein ISO-3166-2-Code
DE-HE-HEF Standort-02	Hessen + HEF (Hersfeld-Rotenburg) + Name	Community-Muster
de-he-gi	Technischer MeshCore-Regionsname	Nur bei Abstimmung und passender Konfiguration

Postleitzahlen sind als übergreifende Gebietskennung weniger geeignet: Sie dienen der Postverteilung und müssen sich nicht mit Verwaltungs- oder Funkversorgungsgrenzen decken. Auch Kfz-Kürzel sind nicht perfekt: Mehrere gültige Kürzel können zu einem Kreis gehören; Städte und Kreise können sich Namen teilen. Für den Netzbetrieb daher einen **gemeinsam vereinbarten**, stabil dokumentierten Regionscode wählen, statt blind jedes Fahrzeugkennzeichen zu übernehmen.

Was passiert mit einer Nachricht ohne Scope?

Eine Nachricht ohne gesetzte Regionskennung ist **ungescopt**. Sie wird nicht dadurch lokal, dass der Repeater selbst eine „Heimatregion“ besitzt. Der Stern * ist in der Regionsverwaltung für solche Nachrichten relevant. Deshalb kann eine pauschale Sperre von * zu Beginn einer regionalen Einführung unerwartet viele Nachrichten unterdrücken. Als abgestufte Möglichkeit dokumentiert MeshCore ein eigenes Hop-Limit für ungescopte Nachrichten. Ob und wie stark es begrenzt werden soll, ist eine lokale Abwägung. [Q1]

Warum eine zusätzliche Ortsregion nicht immer hilft

Bei nur wenigen Teilnehmern bringt ein weiterer Name wie `de-he-gi-ort` zunächst Verwaltungsaufwand: Der Absender muss ihn kennen, Repeater müssen ihn besitzen und Übergänge zu anderen Bereichen sind zu testen. Die zusätzliche Stufe hat erst dann einen Vorteil, wenn ausreichend lokaler Verkehr und ein passend strukturierter Repeaterbestand existieren. Für ein Einsteigernetz kann die **gemeinsam abgesprochene Landkreisebene** einfacher sein.

KAPITEL 14 / ROUTING UND HESSEN

Regionen praktisch planen und konfigurieren

Der Regionsbaum entsteht aus expliziten Beziehungen. Ein Bindestrich im Namen führt selbst noch keine Eltern-Kind-Verknüpfung aus.

Der Unterschied zwischen Name und Beziehung

Hessischer Beispielbaum – ausdrücklich noch keine offizielle Festlegung

de · Elternregion

Größter vereinbarter Scope; viel Verkehr möglich.

de-he · Kind von de

Landesweite Vereinbarung, nicht mit Regierungsbezirken gleichsetzen.

de-he-gi · Kind von de-he

Möglicher Kreis-Scope für den Landkreis Gießen.

de-he-ldk · Kind von de-he

Eigenständiger Kreis-Scope; nur auf passenden Stationen freigeben.

Einprägsame Darstellung; im Gerät die Hierarchie mit dokumentierten CLI-Kommandos eintragen.

Die aktuelle CLI dokumentiert `region put <name> [parent_name]`, `region allowf <name>`, `region denyf <name>`, `region home`, `region default`, `region` und `region save` für entsprechende Firmware. Die Dokumentation nennt Regionsverwaltung ab Firmware 1.10; einzelne Befehle können später ergänzt worden sein. [Q1]

HESSEN-BEISPIEL · NICHT UNGEPRÜFT IN BESTEHENDE NETZE EINSPIELEN

```
ver
region
# BEISPIEL: nur nach vorheriger Absprache / Bestandssicherung
region put de
region put de-he de
region put de-he-gi de-he
region allowf de-he-gi
region home de-he-gi
region
region save
```

Was die Befehle bedeuten: `region put` legt die Einträge samt Elternbeziehung an; `region allowf` erlaubt den entsprechenden Flood-Verkehr; `region home` bezeichnet die Heimatregion des Knotens; `region` zeigt die Konfiguration; `region save` speichert Änderungen über Neustarts hinweg. Eine bereits vorhandene Struktur vorher dokumentieren: `region put` kann bestehende Beziehungen ändern. [Q1]

So wird aus einem Namensvorschlag eine funktionierende Region

- 1 **Namen abstimmen:** Zum Beispiel `de-he-gi` als vorgeschlagener Landkreis-Gießen-Scope; bestehende Nachbarn und Regionskataloge zuerst prüfen.
- 2 **Funkbedarf klären:** Welcher Nachrichtentyp muss über welchen Repeater laufen? Ein lokaler Scope hilft nur, wenn sendende Clients ihn verwenden und Weiterleitung zugelassen ist.
- 3 **Konfiguration gezielt setzen:** Eine bestehende Hierarchie prüfen und nur die nachweislich benötigten Einträge/Flood-Freigaben ändern; Beispielbefehle sind kein universelles Netz-Preset.
- 4 **Testen und dokumentieren:** Einen scoped Test aus einer Funkzelle senden, Empfang am geplanten Ziel bestätigen, auch den Weg in Gegenrichtung überprüfen und das Ergebnis notieren.

Die offizielle MeshCore-Dokumentation definiert den übergeordneten Regionseintrag **explizit**, etwa durch `region put <name> <parent>`. Der Bindestrich allein verknüpft keine Regionen; ein Stationspräfix noch weniger. [Q1] [Q13]

Home-Region und Default-Scope sind nicht identisch

`region home` legt die Heimatregion der Station fest; `region default` betrifft laut CLI den Standard-Scope eigener Aussendungen. Es ist **kein automatischer Mechanismus, der alle fremden Nachrichten einer Region zuordnet**. Welche Option auf der eigenen Firmware verfügbar ist, mit `ver` und `region` prüfen. [Q1]

Was bedeutet das Sternchen * ?

Das Wildcard-Symbol `*` wird in der offiziellen CLI ausdrücklich im Zusammenhang mit **Paketen ohne Regions-transportcode** behandelt. Ein Verbot per `region denyf *` ist daher kein harmlose „Netzoptimierung“: Es kann ungescopte Nachrichten blockieren, die viele Teilnehmer noch benutzen. Vor einer Änderung die Auswirkungen mit Nachbarn abstimmen und Testnachrichten durchführen. [Q1]

DIE WICHTIGSTE STOLPERFALLE

Ein Repeater, der nur `de-he-gi` führt, ist keine Garantie, dass eine hessenweite Nachricht automatisch überall ankommt. Welche Elternregionen tatsächlich freigegeben sind und wie Repeater/Companions scopen, muss geprüft werden. Genauso ist ein Regionsbaum kein geografisches Routing per GPS.

Ein Planspiel mit zwei Kreisregionen

Eine Station im Landkreis Gießen soll lokale `de-he-gi`-Meldungen wiederholen, eine Station im benachbarten Kreis nur `de-he-ldk`. Ein geplanter Grenzknoten könnte nach Prüfung beide Regionen führen. **Aber:** Dass der Grenzknoten beide Einträge kennt, heißt nicht, dass die beiden Kreisregionen plötzlich identisch sind oder jede Nachricht automatisch umgeschrieben wird. Sender müssen für einen gewünschten größeren Adressatenkreis weiterhin einen passenden Scope verwenden; Direct-Routing ist separat zu betrachten.

Frage	Antwort vor einer Änderung
Welcher Sender braucht diesen Übergang?	Nutzer / Kanal / Empfänger konkret benennen.

Frage	Antwort vor einer Änderung
Welche Funkstation empfängt wo?	Beidseitige Testmessungen mit Zeitstempel.
Welcher Scope wird verwendet?	Vorher gemeinsam festlegen, nicht nur im Repeater ändern.
Welche Region wird freigegeben?	Minimal nötige Einträge und Vererbungen dokumentieren.
Wie kehrt man zurück?	Vorher-Zustand und Zugang sichern.

Fehler vermeiden: Ein Regionsname mit Bindestrichen ist gewöhnlicher Text. Die Hierarchie wird durch `region put NAME ELTERNNAME` definiert. Die CLI dokumentiert außerdem `region def` als Kurzform; die Länge einzelner Konsolenzeilen ist begrenzt. Für Einsteiger ist die einzelne, überprüfbare `region put`-Zeile einfacher nachzuvollziehen.

KAPITEL 15 / VERKEHRSLENKUNG

Lokale, landesweite und überregionale Nachrichten

Je größer der gewählte Verkehrskreis, desto mehr potenzielle Repeater teilen sich dieselbe begrenzte Funkkapazität.

Drei konkrete Fallbeispiele

- 1 Nachbarschaft im Landkreis Gießen:** Absender und Empfänger einigen sich auf `de-he-gi`; passende Repeater müssen diesen Scope weiterleiten.
- 2 Mitteilung an weitere Teile Hessens:** Wenn erforderlich und im Netz abgestimmt, kann ein größerer Scope wie `de-he` gewählt werden; zusätzliche Airtime einkalkulieren.
- 3 Kontakt über hessische Grenzen:** Nicht einfach dem Repeater 15 Regionscodes geben. Erst den erreichbaren Zielraum, Nachbarstationen und passendes Routing/Direct-Verhalten testen.

Begrenzte Verkehrsfläche statt flächendeckendes Wiederholen

LOKAL · de-he-gi

Passende Repeater des Gebiets tragen lokale Nachrichten; andere Regionen müssen nicht mitarbeiten.

LANDESWEIT · de-he

Mehr Stationen können beteiligt sein, wenn ihre Regeln diesen Scope erlauben.

ÜBERREGIONAL · de

Sehr weitreichender Scope – bewusst und nur bei tatsächlichem Bedarf einsetzen.

Konzeptvergleich; konkrete Erreichbarkeit folgt aus realen Funkpfaden und Regeln, nicht allein aus dem Namen.

Überregionale Funktionsräume: Rhein-Main und Rhön

Nicht jede nützliche Funkregion folgt einer Kreis- oder Landesgrenze. Für Verbindungen über Verwaltungsgrenzen hinweg können unabhängige **geografische Funktionsräume** sinnvoll sein. Beispiele sind `rhein-main` (Rhein-Main-Gebiet, je nach Definition auch Teile von Rheinland-Pfalz und Bayern) und `de-rhoen` (Rhön-Gebiet zwischen Hessen, Bayern und Thüringen). Diese Namen werden hier als **Community-Beispiele** dargestellt: Eine aktuelle, einheitliche netzweite Nutzung oder konkrete Repeater-Freigaben sind dadurch nicht nachgewiesen.

Landkreis-Scope und überregionaler Scope erfüllen verschiedene Aufgaben

LOKAL: Landkreis

de-he-gi

de-he-hef

Kreisbezogene Nachrichten

ÜBERREGIONAL: Funktionsraum

rhein-main

de-rhoen

Kreis- und Landesgrenzen übergreifend

Beispiele für unterschiedliche planerische Anforderungen – keine Karte tatsächlicher Funkverbindungen und kein verpflichtendes Regionsverzeichnis.

WICHTIG BEIM EINRICHTEN

Ein Regionsname darf über Ländergrenzen gehen; er erzeugt aber keine automatische Verbindung. Bestehende Namen zunächst im Netz und in gemeinsam gepflegten Regionsverzeichnissen prüfen. Dann festlegen: Wer braucht den Scope? Welche Stationen sollen ihn tragen? Wo liegen Übergänge? Welche reale Sendezeit kostet er? Anschließend Sendung und Empfang über die geplante Strecke testen. Regionale Namen nicht auf Verdacht großflächig hinzufügen.

Nachbarregionen koppeln: nicht gleich alles freischalten

Ein sinnvoller Grenzrepeater kann z. B. Verkehr für de-he-gi und de-he-ldk transportieren, **wenn** er auf beiden Seiten tatsächlich passende Funkpfade und ein Konzept für die Weiterleitung besitzt. Die Station hat dadurch aber nicht doppelt so viel Sendezeit. Scope-Filter wirken vor allem auf entsprechenden Flood-Verkehr; einen bekannten Direktpfad sollte man gesondert testen. [Q1][Q6]

Wieso ein Repeater trotz Empfang nicht weiterleitet

- Paket bereits gesehen: Duplikatunterdrückung statt zusätzlicher Aussendung.
- Paket liegt außerhalb eines erlaubten Regions-/Scope-Bereichs.
- Hop-Limit erreicht oder der direkte Pfad führt nicht über den erwarteten Knoten.
- Duty-Cycle-/Airtime-Begrenzung oder Funkkonflikte verhindern eine Aussendung.
- Funkprofil weicht ab, das Paket wird gar nicht korrekt dekodiert.
- Firmware und Konfiguration unterscheiden sich zwischen den Stationen.

Reichweite des Inhalts ist nicht gleich Reichweite des Senders

Ein Kanalname kann überall bekannt sein, während ein konkretes Funkpaket aufgrund von Scope, Hop-Limit und Netzabdeckung nur einen Teilbereich erreicht. Umgekehrt kann eine Nachricht im gemeinsamen Kanal mehrere Repeater beschäftigen, obwohl sie nur an einen Ort gerichtet ist. Ein gut gewählter Scope beschreibt deshalb den benötigten Ausbreitungsbereich der **einzelnen Nachricht**, nicht die geografische Identität des Handys.

Lokale Nachricht oder Nachricht für mehrere Landkreise?**LOKALES THEMA**

Empfänger im Kreis Gießen

de-he-gi**KREISÜBERGREIFEND**

Empfänger in mehreren Kreisen

de-he - nach Abstimmung

Schematische Wahl des kleinsten passenden Scopes, keine automatische Zustellgarantie.

Die Regionseinträge der beteiligten Repeater und die tatsächlich vorhandenen Funkpfade müssen diesen Verkehr ermöglichen.

Private Kommunikation nicht verwechseln

Ein regional eingeschränktes Flood-Paket ist nicht automatisch privat. Für vertrauliche Informationen müssen geeignete Schlüssel und vertrauliche Kommunikationsformen verwendet werden. Ein Regionsname ist weder ein Zugangspasswort noch ein Verschlüsselungsschlüssel.

KAPITEL 16 / ROUTING-EINSTELLUNGEN

Hop-Limits, Traffic und Score verstehen

Nicht jede empfohlene Zahl verbessert jedes Netz. Verstehe zuerst, was die jeweilige Einstellung begrenzt.

Die dokumentierten Hop-Grenzen

CLI	Bedeutung	Dokumentierte Spanne
<code>flood.max</code>	Allgemeine Hop-Grenze für Flood-Nachrichten.	0–64
<code>flood.max.unscoped</code>	Hop-Grenze für Nachrichten ohne Scope.	0–64
<code>flood.max.advert</code>	Hop-Grenze für Flood-Adverts.	0–64

Die MeshCore-Dokumentation nennt beispielsweise `set flood.max.unscoped 3` als **mögliche** Alternative, um ungescopten Verkehr auf wenige Hops zu begrenzen, ohne ihn völlig zu sperren. Das ist **kein universell richtiges Hessen-Preset**. Welche Reichweite der konkrete Verkehr braucht, muss durch Messung und lokale Absprache ermittelt werden. [Q1]

ERST AUSLESEN · DANN WEITERLEITUNGSVERHALTEN BEWERTEN

```
get flood.max
get flood.max.unscoped
get flood.max.advert
get txdelay
get direct.txdelay
get path.hash.mode
get loop.detect
```

Score ist keine amtliche Qualitätsnote

Im MeshCore-Umfeld tauchen Score-, Pfad- und Linkmetriken auf. Sie sind nicht mit einem allgemeinen behördlichen „Repeater-Ranking“ gleichzusetzen. Die Bedeutung hängt von der konkreten Anzeige, dem Pakettyp und der Firmware/App ab. Für eine belastbare Standortbewertung sollten **Funkkontakt in beide Richtungen, Erfolgsquote, Paketverlust, RSSI/SNR im zeitlichen Verlauf und Sendezeit** dokumentiert werden, statt einen einzigen Score zur verbindlichen Regel zu erklären.

Welche fortgeschrittenen Werte sind heikel?

Laut offizieller CLI regelt `txdelay` die zufällige Verzögerung bei konkurrierenden Flood-Weiterleitungen; `direct.txdelay` gilt für Direktverkehr. Ein höherer Wert kann Kollisionen reduzieren, erhöht aber Latenz. `path.hash.mode` steuert die Hashgröße in Adverts und muss mit dem Firmwarestand des umliegenden Netzes verträglich sein. `loop.detect` kann Schleifen erkennen; ältere Firmwarestände unterstützen diese Option nicht. [Q1]

KEINE PAUSCHALEN TUNINGPAKETE

Einstellungen wie `set multi.acks 1`, `set path.hash.mode 2` oder willkürlich reduzierte Flood-Hops können im konkreten Netz sinnvoll oder kontraproduktiv sein. Dieses Handbuch schreibt solche Änderungen nicht standardmäßig vor.

Was ist mit „Score“ bei Empfang und Pfadplanung gemeint?

Je nach App oder Diagnosewerkzeug können Anzeigen für Verbindungsgüte, Pfadqualität oder bevorzugte Repeater sichtbar sein. Ein Vergleich ist nur sinnvoll, wenn bekannt ist, **welcher Wert genau ausgewertet wird**. Ein SNR des zuletzt empfangenen Adverts ist beispielsweise etwas anderes als eine Erfolgsquote über viele Nachrichten. Auch die Anzahl Hops ist nicht automatisch ein Maß für die Qualität: Zwei instabile Hops können schlechter sein als drei gut getestete.

Anzeige	Typische Frage	Geeignete Gegenprüfung
Signalwert / SNR	Wie gut war genau dieses empfangene Paket?	Serienmessung zu verschiedenen Zeiten.
Pfad über mehrere Repeater	Welche Stationen hat die Übertragung benutzt?	Weg mit Rückweg und Änderungen abgleichen.
Hop-Zahl	Wie viele Funketappen?	Airtime, Zuverlässigkeit und Latenz mitmessen.
Score im Drittanbieter-Client	Was berechnet diese konkrete Anwendung?	App-Dokumentation und Version lesen.

Ein bestes Ergebnis an einem Tag ist kein Beweis für Dauerbetrieb. Das Handbuch empfiehlt deshalb keine „Score-Grenze“ zur verbindlichen Repeater-Freigabe.

KAPITEL 17 / INBETRIEBNAHME

Firmware flashen und erstmals starten

Nur die zur exakten Hardware passende Firmware verwenden. Vor jeder komplexen Regionskonfiguration steht ein einfacher Funktionstest.

Der sichere, nachvollziehbare Weg

- 1 Board identifizieren:** Herstellermodell, Revision, Funkband, Bootloader und Spannungsanschlüsse dokumentieren.
- 2 Offiziellen Flasher öffnen:** <https://flasher.meshcore.io/>; dort die passende Repeater-Firmware wählen. [Q5]
- 3 USB-Verbindung prüfen:** Ein geeignetes Datenkabel, kompatibler Browser und passender Treiber können erforderlich sein.
- 4 Firmware schreiben:** Den für genau dieses Board angebotenen Flash-Weg befolgen; nicht fremde Binärdateien einsetzen.
- 5 USB-Konsole verbinden:** `ver`, `board` und `get radio` auslesen.
- 6 Lokalen Test:** Mit einem passenden Companion am gleichen Profil die Station erkennen und erst danach weiter konfigurieren.

Erstkonfiguration in sinnvollen Etappen

OHNE ÄNDERUNG: INFORMATIONSSABFRAGEN ZUM PROTOKOLLIEREN

```
ver
board
get radio
get tx
get name
get repeat
region
get flood.max
get flood.max.unscoped
```

Die offizielle Konfigurationsoberfläche **config.meshcore.io** bietet eine weitere Möglichkeit, Geräte via serieller Schnittstelle einzurichten. Die jeweils tatsächlich angezeigten Optionen können je nach Hardware/Firmware abweichen. [Q3][Q5]

UPDATES UND BOOTLOADER SIND KEINE NEBENSACHE

Bei nRF52-/ESP32-Geräten gibt es unterschiedliche Updatewege; für manche Geräte ist OTA möglich. Ein Update über Funk ersetzt keine getestete Rückfallstrategie, insbesondere bei unzugänglich montierten Repeatern. Firmware aus inoffiziellen Forks nur nach nachvollziehbarer Risiko- und Kompatibilitätsprüfung einsetzen. [Q3]

Update nur mit Rückfallplan

Auf einem zugänglichen Testgerät sollte vor einem Firmwareupdate feststehen, wie bei einem abgebrochenen Vorgang wieder eine lauffähige Version installiert werden kann. Unterschiedliche Boards besitzen verschiedene Bootloader und Prozeduren. Ein nicht unterstützter Bootloader oder ein falsches Firmware-Image kann zum Vor-Ort-Einsatz zwingen – besonders problematisch bei Solarstationen auf Masten.

Vor dem Update notieren	Danach prüfen
Board-Revision, Bootloader und aktuelle Firmware.	<code>board</code> , <code>ver</code> und tatsächliche Funkfunktion.
Funkprofil, Name und Regionsbaum.	Profile und Scopes unverändert bzw. bewusst migriert.
Zugang und Schlüssel sicher abgelegt.	Adminzugriff und public key wie erwartet.
Stabile Stromquelle bereitgestellt.	Keine Spannungsunterbrechung beim Schreibvorgang.

OTA-Updates sind bequem, aber keineswegs für jedes Board und jede Firmware gleich. Die offizielle FAQ unterscheidet Verfahren für nRF-basierte und ESP32-basierte Geräte. Dieses Handbuch gibt bewusst keinen universellen „Bootloader für alle“-Befehl vor. [Q3]

KAPITEL 18 / KONSOLE

Die Basis-Konfiguration Schritt für Schritt

Die Reihenfolge hilft, Fehler einzugrenzen. Werte zuerst auslesen und sichern, dann nur notwendige Anpassungen vornehmen.

1 – Identität und Zugriffsrechte

LESEN UND BENENNEN · STATIONSNAME NUR EIN BEISPIEL

```
ver
board
get name
get public.key
get role
# Den gewünschten Stationsnamen nur bei Bedarf setzen:
set name DE-HE-GI-Beispiel-01
```

Stationsnamen dienen der Wiedererkennung. Sie sollten eindeutig, regional verständlich und nicht länger als das vom Advert-Format unterstützte Bytebudget sein. MeshCore nennt maximal 23 Bytes bei eingebundener Position bzw. 31 Bytes ohne Standortdaten; Umlaute und Unicode belegen oft mehrere Bytes. [Q1]

2 – Administratorzugang schützen

Das Admin-Passwort sofort individuell und stark setzen und sicher außerhalb des Repeaters dokumentieren. Laut offizieller CLI lautet der Befehl `password <neues_passwort>`; die Antwort kann das Passwort bestätigen. Keine Beispielpasswörter öffentlich übernehmen. ACL-Rechte für weitere Personen nur gezielt einrichten. [Q1]

3 – Funk und Repeaterfunktion prüfen

AUSLESEN; ÄNDERUNGEN SIND BEWUSST AUSKOMMENTIERT

```
get radio
get tx
get repeat
# Nur falls tatsächlich erforderlich und rechtskonform:
# set radio 869.618,62.5,8,8
# set repeat on
# reboot
```

4 – Weiterleitung und Regionen

Erst nach erfolgreichem Basistest: vorhandene Regionstabelle erfassen, mit örtlichen Betreibern abgleichen, minimal nötige Scopes konfigurieren, Änderungen speichern und erneut auslesen. Das konkrete Regionsbeispiel steht in Kapitel 14.

5 – Sendezeit und Status

Bei Firmware **v1.15.0+** dokumentiert die CLI `get dutycycle/set dutycycle`; ältere Firmwarestände nutzen `get af/set af` mit anderer Skala. Ein Wert in der Software ersetzt nicht die rechtliche Gesamtprüfung. [Q1][Q4]

VERSIONSABHÄNGIGE DIAGNOSE · NICHT ALLE BEFEHLE REMOTE

```

ver
get dutycycle
# Auf älteren Versionen ggf. statt dutycycle:
get af
stats-core
stats-radio
stats-packets

```

Konfiguration nachvollziehbar ändern: die Vier-Schritt-Methode

1. **Lesen:** Wert mit `get ...` ermitteln, Version mit `ver` festhalten.
2. **Begründen:** Wozu soll sich die Einstellung im tatsächlichen Funknetz ändern?
3. **Ändern:** Nur die dokumentierte Syntax der benutzten Firmware verwenden.
4. **Kontrollieren:** Erneut auslesen, ggf. speichern/neustarten und bidirektional testen.

Einstellungen, die du nicht blind von fremden Checklisten übernehmen solltest

Parameter	Warum nicht pauschal setzen?
<code>flood.max</code>	Die begrenzte Reichweite kann notwendige Netzpfade abschneiden.
<code>region denyf *</code>	Kann ungescopten Verkehr blockieren.
<code>txdelay</code>	Verändert Latenz und Kollisionsverhalten.
<code>path.hash.mode</code>	Kompatibilität mit älteren Adverts/Pfaden untersuchen.
<code>set tx</code>	Die HF-Ausgangsleistung kann durch Zusatzverstärker abweichen.

Es gibt keine Einstellung, die jede schlechte Funkstrecke durch „Optimierung“ behebt. Zuerst Antenne, Versorgung und Messdaten prüfen; Routingparameter nur mit einem vorher definierten Testziel ändern.

KAPITEL 19 / PRAXIS

Wer sendet? App, Companion und Scope

Repeater-Regeln allein reichen nicht: Der Absender muss verstehen, wo seine Nachricht hin soll.

Ein Beispiel mit zwei Personen

Person A schreibt im öffentlichen Kanal; die Nachricht erhält abhängig von App/Firmware einen passenden Scope oder bleibt ungescopt. **Repeater B** wird nur aktiv, wenn das Paket dekodierbar ist und seine Routing-/Regionsregeln das Weiterleiten zulassen. **Person C** braucht einen geeigneten Empfänger und – bei Antwort – einen möglichen Rückweg. „In der App sichtbar“ beweist noch keinen zweifachen Funkpfad.

EIN WICHTIGER UNTERSCHIED

Wer einen Repeater nach dem Schema DE-HE-GI ... benennt, gibt dem Companion-Gerät damit noch keinen Send-Scope. Die App-/Companion-Auswahl des Scopes ist eine eigene Einstellung. Sie muss zum Konzept der Repeater passen. Sonst können Nachrichten trotz passender sichtbarer Namen ausbleiben.

Die offizielle MeshCore-App als Ausgangspunkt

Für Einsteiger bildet die offizielle MeshCore-App mit kompatibler Companion-Hardware den Standardweg. Die konkrete Regions-/Scope-Oberfläche hängt von der installierten App-Version ab. Die offizielle QR-Code-Dokumentation nennt beispielsweise die Option `region_scope` für Kanäle ab MeshCore-App v1.47.0. [Q8]

Optionale App-Alternative

KiekR ist eine unabhängige MeshCore-Companion-App für iOS und Android. Laut Projektdokumentation verbindet sie sich mit derselben Companion-Hardware und nutzt dasselbe Funkprotokoll; sie bietet zusätzliche Diagnose-/Kartierungsfunktionen. Sie ist **keine Voraussetzung** für die hier beschriebenen Regionskonzepte. Funktionsumfang und App-Oberfläche müssen anhand der konkret installierten Version kontrolliert werden. [Q9]

- 1 Passendes Funkprofil am Companion einstellen.
- 2 Kanal und gewählten Scope – sofern durch die App unterstützt – überprüfen.
- 3 Eine kurze lokale Testnachricht mit Zeitstempel senden.
- 4 Empfang und Rückantwort getrennt kontrollieren.
- 5 Bei erfolgloser Zustellung systematisch Funkprofil, Scope, Hop-Limit und Direktpfad untersuchen.

App-Auswahl: Sicherheit und Bedienbarkeit zuerst

Für die Einrichtung eines Companions ist eine zur installierten Firmware passende App erforderlich. Die offizielle MeshCore-App beziehungsweise die in der Projekt-FAQ beschriebenen Clients bilden die Referenz. Eine unabhängige Anwendung kann nützliche Zusatzfunktionen bereitstellen, darf aber keine andere Bedeutung für ein MeshCore-Funkpaket erfinden.

Prüfkriterium	Frage an die verwendete App
Verbindung	Wird dieses Companion-Gerät über BLE, USB oder eine ausdrücklich unterstützte Verbindung erreicht?
Firmware-Kompatibilität	Werden Scope und die benötigten Nachrichtenfunktionen in dieser App-Version unterstützt?
Datenschutz	Welche zusätzlichen Standort- oder Netzdaten werden mit Servern geteilt?
Fehlerdiagnose	Kann ich tatsächlichen Empfang von gesendeten, aber nicht bestätigten Paketen unterscheiden?

OPTIONAL: KIEKR ALS ALTERNATIVE APP

Die unabhängige Anwendung Kiekr kann ergänzend zur offiziellen MeshCore-Anwendung betrachtet werden. Das macht ihre praxisorientierte Regionsbeschreibung nicht zu einer offiziellen MeshCore-Vorschrift. Vor dem Wechsel unterstützte Geräte, iOS-/Android-Verfügbarkeit, Datenschutz und Funktionen der konkreten Version prüfen. [Q9]

KAPITEL 20 / MESSPLAN

Netz testen: von null zur Abnahme

Eine neue Installation ist erst dann hilfreich, wenn sie in beiden Richtungen wiederholt erfolgreich funktioniert.

Der Abnahmetest in vier Stufen

- 1 Auf dem Tisch:** Gerät startet zuverlässig; Firmware, Namen, Versorgung und Funkprofil sind geprüft.
- 2 Kurzstrecke:** Companion sieht den Repeater; Administrationszugriff funktioniert kontrolliert.
- 3 Standort:** Test mit Funkpartnern in mindestens zwei vorgesehenen Versorgungsrichtungen; Sende- und Empfangsseite vergleichen.
- 4 Langzeittest:** mehrere Messreihen bei unterschiedlichem Wetter und Netzlast; Ausfälle und Stromzustand dokumentieren.

Messblatt – ein Eintrag pro Testserie

Feld	Was eintragen?
Datum/Uhrzeit	UTC oder Ortszeit eindeutig kennzeichnen.
Sender / Empfänger	Identität, Standort und verwendetes Gerät.
Firmware / Funkprofil	Versionsnummer, Frequenz, BW, SF, CR.

Feld	Was eintragen?
Regionsscope / Paketart	Ungescopt, Kreis-Scope, höherer Scope; Flood/Direct soweit ermittelbar.
Erfolg	Anzahl versendet / angekommen / beantwortet.
Qualität	RSSI, SNR, Empfangsbedingungen, auffällige Verzögerungen.
Stationszustand	Akkuspannung, Versorgung, Tageszeit, Wetter.

Warum die Rückrichtung separat wichtig ist

Ein hoch gelegener Repeater kann einen schwachen Companion empfangen und trotzdem auf dem Rückweg am Empfänger scheitern – oder umgekehrt. Antennenhöhen, Sendeleistungen, Empfindlichkeit und Störungen sind nicht notwendigerweise symmetrisch. Deshalb nur bidirektional erfolgreiche Verbindungen als tragfähig einordnen.

Testnachrichten so dokumentieren, dass andere sie nachprüfen können

Für jeden Funkpfad einen Absender, einen Empfänger und eine eindeutig nummerierte Versuchsreihe festlegen. Die Anzahl der Pakete ist kein amtlicher Grenzwert: Als gut reproduzierbaren Start kann eine lokale Gruppe beispielsweise **zehn** nummerierte Nachrichten pro Richtung vereinbaren und bei unklaren Ergebnissen auf mehr Versuche erweitern.

Testfeld	Beispiel, kein vorgeschriebener Wert
Versuchskennung	GI-LDK-01
Prüfstrecke	Station A → Repeater → Station B; anschließend Rückrichtung
Nachrichten	GI-LDK-01/01 bis /10
Ergebnis	Empfangen / nicht empfangen; Uhrzeit und App-Anzeige
Konfiguration	Funkprofil, Region/Scope, Hop-Limit und Firmwarestand notieren

Was ein „erfolgreicher Test“ bedeutet

Eine Sendebestätigung des eigenen Geräts beweist noch keine Zustellung. Der Empfangspartner muss den Inhalt sehen und eindeutig bestätigen können. Erst ein Test in **beide Richtungen** trennt einseitige Reichweite von einer tatsächlich nutzbaren Kommunikationsverbindung. Wiederhole den Test nach größeren Antennen-, Firmware- oder Regionsänderungen.

KAPITEL 21 / DIAGNOSE

Fehlersuche: reproduzierbar statt raten

Bei Problemen möglichst nur eine Einflussgröße zur Zeit ändern. So lässt sich ein tatsächlicher Fehler von zufälligem Erfolg unterscheiden.

Diagnosebaum – wo sitzt der Fehler?

Vom Symptom zur prüfbaren Ursache

NICHT SICHTBAR / KEIN ADVERT

Strom, Antenne, Firmware, Funkprofil, lokale Reichweite und Advert-Verhalten prüfen.

EMPFANG JA, SENDEN NEIN

Scope, Repeat-Flag, Sendezeit, Region, TX-Pfad und Hop-Limits prüfen.

NUR BIS ZUM EIGENEN REPEATER

Benachbarte Funkpfade, Regionsfilter, Frequenzprofil und Rückrichtung testen.

DIRECT FEHLERHAFT

Kontakt/Adverts, gelernte Pfade, Hash-Kompatibilität und Pfadwechsel untersuchen.

Jeder Ast ist eine Prüfhypothese, keine Ferndiagnose ohne Logs.

Befehle für eine kontrollierte Bestandsaufnahme

DOKUMENTIERTE BEFEHLE · SERIELLE EINSCHRÄNKUNGEN BEACHTEN

```
ver
board
get radio
get repeat
region
get flood.max
get flood.max.unscoped
get flood.max.advert
get path.hash.mode
neighbors
# Lokal/seriell laut CLI:
stats-core
stats-radio
stats-packets
```

Die offizielle CLI dokumentiert bei `neighbors` nur die zuletzt erfassten Nachbar-Adverts; fehlende Einträge können andere Ursachen als einen defekten Repeater haben. Die Statistikbefehle sind als seriell ausgewiesen. Eine Logdatei muss je nach Funktion erst erzeugt werden und kann Speicherbelastung verursachen. [Q1]

Typische Denkfehler

- „Ich empfangen Public, also funktioniert meine Weiterleitung“: Empfang und Rückweg sind getrennte Belege.

- „**Alle Repeater müssen meinen Scope weiterleiten**“: nur wenn die Freigaben dazu passen.
- „**Mehr TX-Power behebt das**“: Grenzwerte, Antennenbilanz und Empfängerempfindlichkeit prüfen.
- „**Ein hoher Score beweist eine gute Verbindung**“: tatsächliche Erfolgsquote und Bidirektionalität zählen.
- „**Eine Karte zeigt den Knoten, also ist er online**“: Daten können veraltet oder indirekt beobachtet sein.

Vier Tests, die Fehler eindeutig trennen

Test	Wenn er fehlschlägt	Erste Prüfungen
Direkter Kurzstreckentest	Selbst neben der Station keine Kommunikation.	Firmware-Rolle, Radio, Antenne, Energie, Smartphone-Bluetooth.
Lokaler Flood-Test	Unscoped funktioniert, Kreis-Scope nicht.	Sender-Scope, Regionsbaum und Erlaubnisse.
Grenzübergangstest	Lokal erfolgreich, Nachbarregion nicht.	Funkpfad, Regionsfreigaben, Hop-Limit, gegenüberliegende Station.
Direct mit Empfangsbestätigung	Flood sichtbar, Direktnachricht nicht erfolgreich.	Advert/Pfadlernen, Empfänger, Rückroute, Hashkompatibilität.

Fehlerprotokoll für Rückfragen an andere Betreiber

Ein hilfreicher Bericht enthält: **Gerät/Board, Firmwareversion, Funkprofil, Uhrzeit, gewählten Scope, Quelle und Ziel, genaue Erwartung, tatsächlich beobachtetes Verhalten, relevante Konsolenausgaben und mindestens zwei Vergleichstests**. Private Keys, Passwörter und fremde personenbezogene Daten gehören nicht in eine öffentliche Fehlerbeschreibung.

KAPITEL 22 / DAUERBETRIEB

Wartung, Updates und Notfallplan

Auch autarke Repeater brauchen Verantwortliche und eine nachvollziehbare Wartungsroutine.

Ein einfacher Wartungsrhythmus

Turnus	Prüfung	Nachweis
Nach Inbetriebnahme	Funkpfade, Temperatur, Versorgung, Dichtigkeit, Administration.	Abnahmeprotokoll.
Regelmäßig, lokal vereinbart	Erreichbarkeit, Airtime/Traffic, Akkuzustand, neue Funkstörungen.	Kurzprotokoll und Messreihe.
Vor dem Winter	Solarmodul, Verschattung, verfügbare Energiereserve, Abdichtungen.	Wintercheckliste.
Bei Firmwareänderungen	Releasehinweise, Backup, Testgerät, kompatibles Funkprofil, Rollback.	Vorher-/Nachherstand.
Nach Sturm/Schaden	Halterung, Antenne, Kabel, Feuchtigkeit und Empfang.	Sicherheitsfreigabe vor Weiterbetrieb.

Was muss dokumentiert werden?

- ☐ Standort, Eigentümerfreigabe und sichere Kontaktmöglichkeit hinterlegt.
- ☐ Board, Revision, Firmware, Bootloader, verwendetes Funkprofil dokumentiert.
- ☐ Regionsbaum, Freigaben, Hop-Limits und ursprüngliche Einstellungen gesichert.
- ☐ Admin-Zugänge, Schlüssel und Recovery-Daten geschützt gespeichert.
- ☐ Antennentyp, Koaxlänge, Stromversorgung und Messwerte erfasst.
- ☐ Ersatz- oder Wiederherstellungsverfahren für unzugängliche Station vorbereitet.

DATENSCHUTZ BEACHTEN

Öffentlich veröffentlichte Standorte, Betreiberkontakte und Zugangsdaten sind unterschiedlich zu behandeln. Niemals Private Keys oder Admin-Passwörter in eine öffentlich zugängliche Repeater-Liste aufnehmen.

Wartungskalender als freiwillige Vorlage

Rhythmus (Vorschlag)	Prüfung	Auslöser für einen zusätzlichen Check
Monatlich	Erreichbarkeit, Nachrichten-Hin/Rücktest, allgemeiner Batteriestatus.	Mehrere fehlgeschlagene Tests oder zunehmende Fehlerraten.

Rhythmus (Vorschlag)	Prüfung	Auslöser für einen zusätzlichen Check
Quartalsweise	Statistiken, Veränderungen der Nachbarstationen, Energie- und Solarprotokolle.	Frequenzwechsel, neue Repeater, ungewöhnlich hohe Netzlast.
Nach Unwetter	Aus sicherer Entfernung Sichtprüfung von Halterungen und Kabelwegen.	Wind, Eis, Blitzereignis, Feuchtigkeit oder Montageveränderung.
Vor jedem Update	Konfiguration sichern, Kompatibilität, Rückfallweg und Wartungsfenster planen.	Firmware-Bugfix, Sicherheitsproblem oder neue Routing-Funktion.

Die Zeitabstände sind ****organisatorische Beispiele****, keine technischen Mindestanforderungen. Ein schwer erreichbarer Repeater benötigt besonders sorgfältige fernüberwachte Zustandsdaten und einen klaren Plan für den Ausfall der Fernwartung.

Für den Fall eines nicht mehr erreichbaren Repeaters

- 1 Letzten bekannten Status und Stromdaten festhalten; keine gleichzeitigen Änderungen an mehreren Nachbarstationen.
- 2 Funkpfad, App, Hardwarezustand und Wetterlage als getrennte Ursachen prüfen.
- 3 Nur nach sicherer Zugangs- und Eigentümerfreigabe vor Ort arbeiten lassen.
- 4 Nach Wiederherstellung denselben Abnahmetest wie beim Erstaufbau durchführen.

KAPITEL 23 / FALLBEISPIELE

Drei Planungsbeispiele aus Hessen

Die Beispiele zeigen Entscheidungen – keine erfundenen Empfangsberichte oder bereits vorhandene Stationsverbindungen.

Beispiel A – Ortslücke im Landkreis Gießen

Ein Companion erreicht zu Hause mehrere öffentliche Nachrichten, aber die eigene Rückantwort ist am Ziel nicht nachweisbar. Zuerst werden lokale Tests mit eindeutigem Empfänger, erneutem Advert, kompatiblen Funkprofil und Rückrichtung durchgeführt. Erst wenn sich eine reproduzierbare Funklücke zeigt, wird ein geeigneter Dach- oder Höhenstandort geprüft. Für lokale Flood-Nachrichten kann ein abgestimmter Scope wie `de-he-gi` sinnvoll sein.

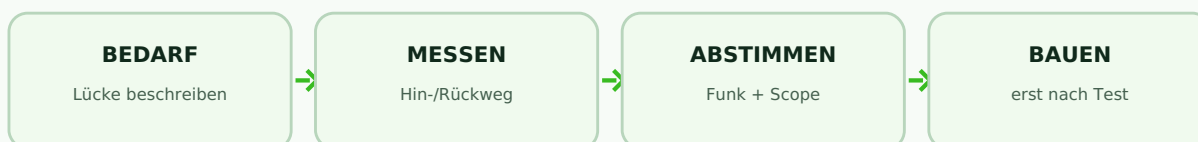
Beispiel B – Verknüpfung zu einem Nachbarlandkreis

Zwischen Landkreis Gießen und dem Lahn-Dill-Kreis wird ein möglicher Koppelstandort untersucht. Die technische Region ist nicht automatisch „RB Gießen“. Eine Verbindung über Kreisgrenzen erfordert reale Funkwege und vereinbarte Regeln, zum Beispiel passende Freigaben für `de-he-gi` und `de-he-ldk` an den Knoten, die diesen Verkehr übernehmen sollen.

Beispiel C – Übergang Richtung Nachbarbundesland

Eine Initiative möchte Nachrichten nach Nordrhein-Westfalen oder Thüringen übertragen. Statt die Regionen pauschal deutschlandweit freizuschalten, analysiert sie, wo es tatsächlich erreichbare Knoten gibt, welche Scopes örtlich benutzt werden und ob ein gezielter Direktweg praktikabler ist. Funkreichweite, Zuständigkeiten und Lastverteilung werden vor der Änderung getestet.

Vom Anlass zur sinnvollen Stationsentscheidung



Eine gute Region ersetzt keinen fehlenden Funkpfad.

Die beste Konfiguration ist häufig eine dokumentierte, kleine Änderung – nicht der größte Regionsbaum.

Beispiel: Standort Hersfeld-Rotenburg an einer Landesgrenze

Die Stationsbezeichnung `DE-HE-HEF Höhenstandort-01` könnte auf einen Repeater im Landkreis Hersfeld-Rotenburg hinweisen. Eine dazu passende lokale Region wäre `de-he-hef`, **wenn** Betreiber sie gemeinsam verwenden und der Repeater passend eingerichtet wurde. Ist zusätzlich ein überregionaler Rhön-Scope vereinbart, muss vor Ort geklärt werden, ob genau diese Station `de-rhoen` tragen soll. Der Landkreisname oder Repeatername allein sagt darüber nichts aus.

Abstimmung zwischen Regierungsbezirken

Die drei hessischen Regierungsbezirke Kassel, Gießen und Darmstadt können für Kontakte, gemeinsame Planungsrunden und Informationsmaterialien dienen. Ihre Grenzen definieren ****keine**** technischen MeshCore-Regionsbeziehungen. Eine Funkstrecke vom Landkreis Gießen in einen Landkreis eines anderen Regierungsbezirks wird nach den tatsächlichen Funkverbindungen und gemeinsam benannten Regions-/Scope-Regeln geplant.

Ein nachvollziehbarer Plan für einen Grenz-Repeater

Planungspunkt	Entscheidung der beteiligten Betreiber
Versorgte Kreise	Konkret benennen; etwa Gießen und ein benachbarter Kreis.
Zuordnung	Minimal notwendige Regionsknoten statt pauschal „ganz Deutschland“.
Lokaler Test	Hinfunk und Rückfunk innerhalb beider Kreise getrennt nachweisen.
Überregionaler Test	Abgesprochenen größeren Scope und Direct-Nachrichten getrennt prüfen.
Dokumentation	Eigentümer, Ansprechpartner, Firmware und Änderungsstand festhalten.

Die im Handbuch genannten Orte, Landkreise und Bezeichnungen sind **Beispiele für Planung**. Sie sind keine Bestätigung für eine aktuell vorhandene, öffentlich nutzbare Funkstrecke oder eine verbindliche Regionseintragung.

KAPITEL 24 / VORLAGEN

Druckbare Checklisten für die Praxis

Die folgenden Vorlagen können direkt ausgedruckt oder digital mit eigenen Messwerten ergänzt werden.

A – Standortfreigabe

- ☐ Zielgebiet und konkrete Funklücke beschrieben.
- ☐ Vergleich bestehender Stationen durchgeführt.
- ☐ Funkfeldversuch in beide Richtungen dokumentiert.
- ☐ Montage-/Eigentümererlaubnis vorhanden.
- ☐ Standsicherheit, Kabelwege, Windlast und Wetterschutz geprüft.
- ☐ Stromversorgung und Winterbetrieb geklärt.
- ☐ Betreiberkontakt und Wartungszugang festgelegt.

B – Konfiguration vor dem Einschalten

- ☐ Hardware- und Firmwareversion stimmen zur offiziellen Geräteliste.
- ☐ Funkprofil stimmt mit lokalen Teilnehmern überein.
- ☐ Frequenz, Sendeleistung und Arbeitszyklus rechtlich geprüft.
- ☐ Admin-Passwort geändert, Privatschlüssel sicher gesichert.
- ☐ Repeatername eindeutig; Position bewusst veröffentlicht oder weggelassen.
- ☐ Scope-/Regionsbaum abgestimmt und mit **region** kontrolliert.
- ☐ Hop-Limits nicht ungeprüft verändert.
- ☐ Rückfallplan für Updates oder Fehlkonfiguration vorhanden.

C – Abnahme und Betrieb

- ☐ Mehrere Sende-/Empfangstests mit Zeitstempel erfolgreich.
- ☐ Jede relevante Empfangsrichtung einzeln geprüft.
- ☐ Batterie/Netzteil/Solar unter Last getestet.
- ☐ Gehäuse, Antenne, Mast und Kabel final kontrolliert.
- ☐ Messtabelle und finaler Konfigurationsstand archiviert.

☐ Wartungsintervalle und Kontaktperson vereinbart.

Zusätzliche Druckvorlage – Änderungen im Repeater protokollieren

Feld	Eintrag durch Betreiber
Standort / Repeatername	
Datum / zuständige Person	
Hardware / Firmware vorher	
Funkprofil / Regionsbaum vorher	
Geplante einzelne Änderung	
Ergebnis von Hin- und Rücktest	
Rückfallweg bei Fehler	

Die Dokumentation gehört zur Station und sollte so aufbewahrt werden, dass auch ein zweiter berechtigter Betreiber die Konfiguration nach einem Ausfall beurteilen kann – ohne Adminpasswörter offen zu veröffentlichen.

KAPITEL 25 / NACHSCHLAGEN

Glossar, Quellen und Aktualität

Alle technischen Empfehlungen bleiben prüfbar: offizielle Dokumentation zuerst, regionale Erfahrungswerte danach.

Begriff	Kurzerklärung
Airtime	Zeitdauer einer einzelnen Funkaussendung.
BW / SF / CR	LoRa-Bandbreite, Spreizfaktor und Codierungsrate.
Companion	Persönliches MeshCore-Endgerät mit App-/Bedienanbindung.
Direct	Gezielte paketbasierte Weiterleitung über einen bekannten Pfad.
Duty Cycle	Sendezeitanteil in einem definierten Betrachtungszeitraum.
ERP / EIRP	Zwei Bezugsgrößen für abgestrahlte Sendeleistung.
Flood	Weiterleitung geeigneter Nachrichten durch beteiligte Repeater.
Hop	Eine Funketappe von Gerät zu Gerät.
Region / Scope	Name und transportbezogene Kennung zur Eingrenzung bestimmter Flood-Nachrichten.
Repeater	Infrastrukturknoten mit passender Weiterleitungsfunktion.
RSSI / SNR	Empfangssignalstärke / Signal-Rausch-Verhältnis.
TX / RX	Senden / Empfangen.

Quellen – Primärdokumentation und Ergänzungen

[P1] Projektplan MeshCore Hessen – vom Auftraggeber bereitgestellt (24 Seiten). Belegt Zielsetzung, Plattformcharakter und Einsteigerorientierung.

[Q1] MeshCore – aktuelle CLI Commands

https://docs.meshcore.io/cli_commands/ – Befehle, Bereiche, Versionshinweise und Region Management.

[Q2] MeshCore – Firmware und Quellcode

<https://github.com/meshcore-dev/MeshCore> – technische Primärquelle für Firmware.

[Q3] MeshCore – offizielle FAQ

<https://docs.meshcore.io/faq/> – Rollen, Funktionsweise, Client und Administration.

[Q4] Bundesnetzagentur – Verfügung 91/2025

Bundesnetzagentur, PDF zur *Allgemeinzuteilung* – maßgeblich sind die vollständigen Tabellen, Fußnoten und Fassungen.

[Q5] MeshCore Firmware Flasher / Konfiguration

flasher.meshcore.io und config.meshcore.io.

[Q6] Kiekr – Why Regions?

<https://kiekr.app/why-regions> – ergänzende Praxisquelle zur Lastbegrenzung, **keine verbindliche MeshCore- oder Funkrechte-regel**; insbesondere die dort vereinfachte 10-%-Darstellung muss teilbandbezogen eingeordnet werden.

[Q7] HanseMesh – deutsches Narrow-Profil

<https://hansemesh.de/anleitungen/einstellungen-deutschland/> – regionale Community-Praxis, kein offizieller Firmware-Default. CLI-Einzelkommandos dieser Sekundärquelle nicht als offizielle Syntax übernommen.

[Q8] MeshCore – QR Codes

https://docs.meshcore.io/qr_codes/ – unter anderem optionaler `region_scope` ab App v1.47.0.

[Q9] Kiekr – Companion App Dokumentation

<https://kiekr.app/docs> – optionale kompatible App, Dokumentation laut Anbieter im Aufbau.

[E1] „Meshcore Repeater-Checkliste“ (08.10.2026) – vom Auftraggeber als zusätzliche Prüfliste bereitgestellt. Abweichende Empfehlungen wurden nicht als verpflichtende Einstellungen übernommen; Inhalte und Grafiken nicht reproduziert.

[Q10] ETSI – EN 300 220-2, V3.3.1 (März 2025)

Offizielles ETSI-PDF – harmonisierte technische Norm für nicht spezifische SRD-Funkgeräte; keine pauschale deutsche 868-MHz-Betriebsfreigabe. Wegen Urheberrecht wird nur verwiesen, nicht reproduziert.

[Q11] ISO 3166-2:DE – Bundesländercodes

ISO Online Browsing Platform und Übersicht für Deutschland – DE-HE ist normiert; angehängte Landkreis-Kfz-Kürzel sind es nicht.

[Q12] ADAC – Kfz-Zulassungskennzeichen

Kürzelübersicht – unterstützende Sekundärquelle für beispielhafte Kreiskürzel.

[Q13] MeshCore – Region Filtering

Beitrag des MeshCore-Entwicklers – Regionsnamen, Scope-Wirkung, Grenzknoten und Firmwareabhängigkeit.

[Q14] Community-Regionskatalog

Offenes Verzeichnis – freiwilliges, communitygepflegtes Regionsinventar; kein amtliches Register und keine Garantie aktiver Funkverbindungen.

Nutzungsrechte und Grenzen dieses Handbuchs

Texte, Systemzeichnungen, Tabellen und Diagramme wurden für diese Fassung eigenständig erstellt. Das vom Auftraggeber bereitgestellte MeshCore-Hessen-Logo wurde unverändert verwendet. Externe Quellen werden verlinkt statt umfangreich kopiert. Die Einordnung als Best Practice bedeutet **nicht**, dass damit der jeweilige Aufbau technisch oder rechtlich genehmigt wäre. Firmware- und Rechtslage vor jeder Installation neu prüfen.

Redaktionsstand: 19. Oktober 2026. Verwendete Quellen können sich nach diesem Datum ändern. Besonders Firmware-Kommandozeilen, Repeater-Presets, Hardwarelisten und Allgemeinzuteilungen sollten vor dem Einsatz erneut mit den Primärquellen abgeglichen werden.

So liest du die Quellen in der richtigen Reihenfolge

- 1 Rechtsfrage:** Originalverfügung der Bundesnetzagentur samt Fußnoten, Grenzen und aktuellen Änderungen.
- 2 Firmwarefunktion:** offizielle MeshCore-CLI beziehungsweise FAQ und Versionshinweis.
- 3 Hardware und Elektrik:** Datenblatt der exakten Board-Revision und der verwendeten Komponenten.
- 4 Gemeinsame Netzpraxis:** lokale Absprachen und ergänzende Veröffentlichungen sorgfältig gegenprüfen.

WICHTIGER ABSCHLUSS

Dieses Handbuch ist eine freiwillige Arbeitshilfe. Es begründet keine Sonderrechte an Frequenzen, Standorten oder fremden Infrastrukturen und ersetzt weder technische Produktdokumentation noch die erforderliche örtliche Sicherheitsprüfung. Irrtümer und Firmwareänderungen bleiben möglich; vor jeder risikoreichen Konfigurationsänderung gilt der dokumentierte Rückfallplan.

MESHCORE HESSEN

Wissen teilen · lokale Netze ermöglichen · Verantwortung vor Ort