GANZ EINFACH

Funk ohne Netz

Nachrichten und Standort über LoRa-Funknetze senden, ganz ohne Mobilfunk und Internet



Danilo Sieren

G A N Z E I N F A C H

Band 53

Funk ohne Netz

Nachrichten und Standort über LoRa-Funknetze senden, ganz ohne Mobilfunk und Internet

Danilo Sieren

GANZ EINFACH

Die Reihe GANZ EINFACH erklärt Technik und Alltagsthemen so, wie es eine gute Freundin oder ein guter Freund am Küchentisch tun würde: geduldig, ehrlich und mit vielen Beispielen. Jeder Band steht für sich, und wo ein anderer Band ein Thema vertieft, steht ein Hinweis im Text.

Impressum und Hinweise zur Entstehung stehen auf der letzten Seite dieses Buches.

Vorwort

Stell dir einen Dienstagabend im Februar vor. Draußen ist es dunkel, es nieselt, und plötzlich geht das Licht aus. Nicht nur bei dir, sondern in der ganzen Straße, im ganzen Viertel. Nach einer halben Stunde zeigt dein Telefon kein Netz mehr, weil auch der Mobilfunkmast keinen Strom hat und sein Notakku leer ist. Deine Mutter wohnt vier Kilometer entfernt. Sie ist allein, und du weißt nicht, ob es ihr gut geht.

Genau in solchen Momenten merken wir, wie selbstverständlich wir uns auf Netze verlassen, die uns nicht gehören. Unsere Nachrichten laufen über Funkmasten, Glasfaserleitungen und Rechenzentren. Das funktioniert meistens hervorragend. Wenn aber ein Glied der Kette ausfällt, steht alles still.

Dieses Buch zeigt dir einen anderen Weg. Mit kleinen Funkgeräten, die oft weniger kosten als ein Abendessen für zwei, baust du dir ein eigenes Netz. Die Geräte sprechen per Funk miteinander und reichen Nachrichten von Gerät zu Gerät weiter. Sie brauchen weder Mobilfunk noch Internet noch einen Anbieter, dem du monatlich etwas bezahlst. Die Technik dahinter heißt LoRa, und die Netze, die daraus entstehen, nennt man Mesh-Netze.

Vielleicht denkst du jetzt an Amateurfunk, an Rufzeichen, Prüfungen und Antennenmasten im Garten. Das alles brauchst du hier nicht. Die Geräte senden in einem Frequenzbereich, den in Deutschland jeder ohne Anmeldung nutzen darf, solange er sich an ein paar klare Regeln hält. Diese Regeln lernst du in diesem Buch kennen, und du erfährst auch, warum es sie gibt.

Ich verspreche dir nicht, dass du nach der Lektüre ein Funkprofi bist. Ich verspreche dir aber, dass du verstehst, was in deinem Gerät passiert, dass du ein kleines Netz für deine Familie oder Nachbarschaft aufbauen kannst und dass du realistisch einschätzen kannst, was so ein Netz leistet und was nicht. Denn auch das gehört zur Ehrlichkeit: Ein LoRa-Netz ist kein Ersatz für den Notruf 112 und kein Telefon. Es überträgt kurze Textnachrichten und Standorte, langsam, aber zuverlässig und unabhängig.

Durch das ganze Buch begleitet dich Familie Demir aus Schwerte am Rand des Ruhrgebiets. Jana, Murat und ihre Tochter Lea wollen mit Janas Vater Klaus in Kontakt bleiben können, wenn das Handynetz versagt. Außerdem wandert die Familie gern im Sauerland,

wo es Funklöcher gibt, so groß wie ganze Täler. Du erlebst mit, wie aus einem ersten Gerät auf dem Küchentisch ein kleines Netz wird, das drei Haushalte verbindet. Dabei geht nicht alles glatt, und genau daraus lernst du am meisten.

Mach es dir bequem. Wir fangen ganz vorn an.

Danilo Sieren, Dortmund, im November 2026

So arbeitest du mit diesem Buch

Dieses Buch ist so aufgebaut, dass du es von vorn nach hinten lesen kannst, ohne Vorwissen mitzubringen. Die ersten Kapitel erklären die Grundlagen: was LoRa ist, wie ein Mesh-Netz funktioniert und welche Regeln für das Funken gelten. Danach wählst du dein erstes Gerät aus, spielst die Software auf und richtest alles ein. In der zweiten Hälfte geht es um feste Stationen auf dem Dach, um Solarstrom, um ein zweites Funksystem, um die Verbindung zum Rechner und um den Einsatz unterwegs und in der Nachbarschaft.

Wenn du schon ein Gerät besitzt und es einfach nur zum Laufen bringen möchtest, darfst du direkt zu Kapitel 9 springen. Ich empfehle dir trotzdem, die Kapitel 2 bis 4 irgendwann nachzuholen. Viele Probleme, die in Foren immer wieder auftauchen, entstehen nur, weil die Grundlagen fehlen.

Die Bausteine jedes Kapitels

Jedes Kapitel beginnt mit einer Erklärung in ganz normaler Sprache. Fachbegriffe führe ich ein, wenn wir sie brauchen, und erkläre sie beim ersten Auftreten. Im Glossar in Anhang A findest du alle wichtigen Begriffe noch einmal zum Nachschlagen.

Danach folgt die **Werkstatt**. Hier setzt du das Gelernte Schritt für Schritt um. Die Schritte sind nummeriert, und du kannst sie direkt mit deinem Gerät nachvollziehen. Wo eine Werkstatt Material voraussetzt, steht das am Anfang.

In den grau-blauen Kästen mit der Überschrift **Vertiefung** geht es tiefer in die Technik. Du kannst sie beim ersten Lesen überspringen, ohne den Faden zu verlieren. Wer verstehen will, warum etwas so ist, wie es ist, findet dort die Antwort.

Kästen mit der Überschrift **Achtung** weisen auf Fehler hin, die Geld kosten, Ärger mit Behörden auslösen oder Geräte beschädigen können. Diese Kästen solltest du nicht überspringen. **Tipp**-Kästen enthalten Abkürzungen und Erfahrungswerte aus der Praxis.

In den **Lernprojekt**-Kästen begleitest du Familie Demir. Hier siehst du, wie das Gelernte im echten Leben aussieht, mit allen Umwegen.

Am Ende jedes Kapitels beantworte ich unter **Häufige Fragen** Fragen, die mir zu diesem Thema immer wieder gestellt werden.

Zwei Systeme, ein Buch

In diesem Buch begegnen dir vor allem zwei Programme, die aus einem LoRa-Funkmodul ein Mesh-Gerät machen: **Meshtastic** und **MeshCore**. Beide sind kostenlos, quelloffen und laufen auf denselben Geräten. Sie sprechen aber nicht miteinander. Meshtastic ist das ältere und verbreitetere Projekt, deshalb steht es im Mittelpunkt der Einrichtungskapitel. MeshCore bekommt eigene Kapitel, weil es in Deutschland stark wächst und für feste Netze mit Repeatern einige Vorteile hat. In Kapitel 5 vergleiche ich beide Systeme, damit du dich bewusst entscheiden kannst.

Versionsstand

Die Software rund um LoRa-Mesh entwickelt sich schnell. Dieses Buch beschreibt den Stand vom November 2026. Für Meshtastic ist das die stabile Firmware-Reihe 2.7, während die Version 2.8 als Testversion erschienen ist und einige grundlegende Änderungen mitbringt. Was sich mit 2.8 ändert, erkläre ich an den passenden Stellen und ausführlich in Kapitel 28. Menüs und Bezeichnungen in den Apps können sich mit jeder neuen Version leicht verschieben. Wenn ein Menüpunkt bei dir etwas anders heißt, such nach dem sinngemäßen Begriff. Die Grundlagen bleiben gleich.

Was du brauchst

Für den Einstieg genügen zwei LoRa-Geräte für das 868-MHz-Band, zwei Smartphones oder ein Smartphone und ein Rechner sowie ein USB-Kabel. Welche Geräte sich eignen, erfährst du in Kapitel 6. Für die späteren Kapitel kommen nach Bedarf eine bessere Antenne, ein wetterfestes Gehäuse und ein kleines Solarpanel hinzu. Du musst nichts davon sofort kaufen. Das Buch zeigt dir, wann sich welche Anschaffung lohnt.

Löten musst du für die meisten Projekte nicht. Wo es doch einmal hilft, weise ich darauf hin. Wer das Löten lernen möchte, findet dazu in der Reihe GANZ EINFACH einen eigenen Band.

ACHTUNG **Nur 868-MHz-Geräte kaufen**

Viele günstige Angebote auf großen Handelsplattformen stammen aus Lagern in Übersee und sind auf 915 MHz abgestimmt, das in Nordamerika genutzt wird. Auf dieser Frequenz zu senden ist in Deutschland verboten, und auf 868 MHz umgestellt funken solche Geräte spürbar schlechter, weil Filter und Antenne nicht passen. Achte beim Kauf immer auf die Angabe 868 MHz oder EU868.

Inhalt

Vorwort 3
So arbeitest du mit diesem Buch 5
Warum Funk ohne Netz? 11
So funktioniert LoRa 17
Mesh: Jeder hilft jedem 24
Die Regeln: Frequenzen, Leistung und Sendezeit 31
Zwei Systeme im Überblick 38
Das richtige Gerät 45
Antennen verstehen 52
Akku, Strom und Laufzeit 59
Das erste Gerät flashen 65
Einrichten mit der App 71
Kanäle, Schlüssel und Verschlüsselung 77
Direktnachrichten und Sicherheit 83
Rollen und Einstellungen klug wählen 89
Standort teilen und Karten 96
Telemetrie und Sensoren 102
Reichweite planen 108
Ein fester Knoten auf Balkon und Dach 115
Solarknoten bauen 122
MeshCore einrichten 128
Repeater und Room Server betreiben 133
Brücken ins Internet 139
Am Rechner: Weboberfläche, Befehlszeile und Sicherungen 145
Unterwegs: Wandern, Radtour und Festival 150
Nachbarschaft und Krisenvorsorge 156
Die Gemeinschaft vor Ort finden 162
Fehlersuche 167
Lernprojekt komplett: Das Netz der Familie Demir 174
Ausblick: Wohin sich Funk ohne Netz entwickelt 180
Glossar 185
Spickzettel Meshtastic 191
Spickzettel MeshCore 194
Geräteübersicht 196
Rechenhilfen 198
Vorlage für den Notfallplan 200
Checklisten 202
Fragen zum Selbsttest 204

Quellen und weiterführende Links.....207
Ausführliches Inhaltsverzeichnis.....210
Stichwortverzeichnis 217
Impressum.....221

KAPITEL 1

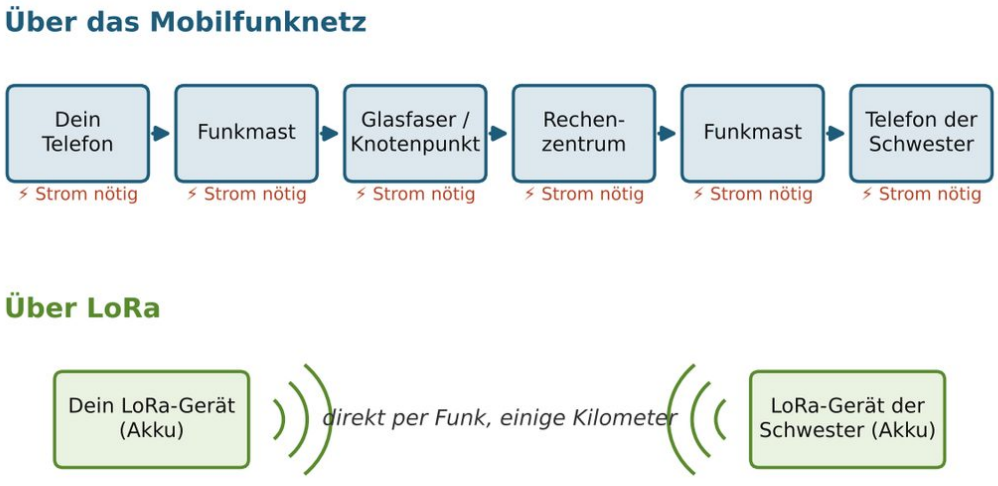
Warum Funk ohne Netz?

Bevor wir über Frequenzen und Antennen sprechen, lohnt sich ein Blick auf die Frage, warum du dir überhaupt ein eigenes Funknetz zulegen solltest. Schließlich hast du ein Smartphone, das Nachrichten in Sekunden um die Welt schickt. Die Antwort hat mit einem Wort zu tun, das in der Technik eine große Rolle spielt: Abhängigkeit.

Eine Nachricht und ihre lange Reise

Wenn du deiner Schwester eine Nachricht über einen Messenger schickst, legt diese einen erstaunlich weiten Weg zurück. Dein Telefon funkt zum nächsten Mobilfunkmast. Der Mast hängt an einer Leitung, meist aus Glasfaser, die zu einem Knotenpunkt des Netzbetreibers führt. Von dort geht es ins Internet, zu den Servern des Messenger-Anbieters, die irgendwo in einem Rechenzentrum stehen. Der Server schickt die Nachricht zurück ins Netz, zum Mast in der Nähe deiner Schwester und schließlich auf ihr Telefon.

Jede dieser Stationen braucht Strom. Jede kann ausfallen. Und keine davon gehört dir.



Der Weg einer Handy-Nachricht im Vergleich zum direkten Funkweg zwischen zwei LoRa-Geräten

Meistens bemerkst du davon nichts, weil die Betreiber ihre Netze gut absichern. Mobilfunkmasten haben Batterien, Rechenzentren

haben Notstromaggregate. Doch die Batterien vieler Masten reichen nur für eine begrenzte Zeit. Bei einem großflächigen Stromausfall wird es deshalb schon nach kurzer Zeit still. Bei Hochwasser, Sturm oder nach einem Brand in einem Kabelschacht kann es noch schneller gehen.

Wo dir ein eigenes Netz hilft

Ein LoRa-Mesh-Netz ist für ganz unterschiedliche Situationen nützlich. Die wichtigsten möchte ich dir kurz vorstellen, damit du einschätzen kannst, wofür du dein Netz einsetzen willst.

Stromausfall und Krise

Das ist der Fall, an den die meisten zuerst denken. Die Geräte laufen tagelang mit einem kleinen Akku oder einer Powerbank, manche mit einem Solarpanel sogar unbegrenzt. Wenn deine Familie, deine Nachbarn oder dein Verein Geräte haben, könnt ihr euch auch dann Nachrichten schicken, wenn Telefon und Internet tot sind. Ihr könnt fragen, ob alle wohlauf sind, Hilfe organisieren und Informationen austauschen.

Unterwegs in Funklöchern

Wer wandert, Rad fährt, segelt oder Ski fährt, kennt das Problem. In Tälern, Wäldern und auf dem Wasser ist der Empfang oft schlecht oder gar nicht vorhanden. Mit LoRa-Geräten sieht eine Gruppe auf der Karte, wo die anderen gerade sind, und kann sich kurze Nachrichten schicken. Die Reichweite zwischen zwei Geräten beträgt im Gelände oft mehrere Kilometer, bei Sichtverbindung auch deutlich mehr.

Veranstaltungen

Auf großen Festivals, Märkten oder Sportveranstaltungen bricht das Mobilfunknetz regelmäßig zusammen, weil Zehntausende Menschen gleichzeitig telefonieren und Videos hochladen. Ein LoRa-Netz ist davon nicht betroffen. Es eignet sich hervorragend, um die eigene Gruppe zusammenzuhalten.

Hobby und Gemeinschaft

Viele Menschen betreiben LoRa-Mesh einfach aus Freude an der Technik. In vielen deutschen Städten haben sich Gruppen gebildet, die gemeinsam Knoten auf Dächern und Türmen aufbauen und so Netze schaffen, die ganze Regionen abdecken. Du lernst dabei Menschen kennen, die du sonst nie getroffen hättest, und erfährst eine Menge über Funk, Elektronik und Geografie.

Was ein LoRa-Netz kann

Damit du keine falschen Erwartungen hast, hier eine ehrliche Übersicht. Ein LoRa-Mesh-Netz überträgt **kurze Textnachrichten**, etwa so lang wie eine SMS oder etwas kürzer. Es überträgt **Standorte**, sodass du andere Teilnehmer auf einer Karte siehst. Es überträgt **Messwerte** wie Akkustand, Temperatur oder Luftdruck. Und es funktioniert **ohne jede Infrastruktur**, wenn die Geräte nah genug beieinander sind oder andere Geräte die Nachrichten weiterreichen.

Was ein LoRa-Netz nicht kann

Ein LoRa-Netz überträgt **keine Sprache** und **keine Fotos** in brauchbarer Qualität. Die Datenrate ist dafür viel zu gering. Je nach Einstellung liegt sie bei wenigen hundert bis einigen tausend Bit pro Sekunde. Zum Vergleich: Ein einziges Handyfoto ist mehrere Millionen Byte groß. Ein Foto über LoRa zu schicken, würde Stunden dauern und das Netz für alle anderen blockieren.

Ein LoRa-Netz ist auch **kein Notrufsystem**. Die Rettungsleitstelle hört nicht mit, und niemand ist verpflichtet, deine Nachricht zu lesen. Wenn du in Not bist, versuch immer zuerst den Notruf 112. Er funktioniert in Deutschland auch über fremde Mobilfunknetze und ohne SIM-Karte, solange irgendein Netz erreichbar ist.

Und schließlich ist ein LoRa-Netz **nicht garantiert**. Ob deine Nachricht ankommt, hängt von der Entfernung, vom Gelände, von deiner Antenne und davon ab, ob andere Geräte in der Nähe sind, die weiterhelfen. Das klingt zunächst nach einer Schwäche. Mit dem Wissen aus diesem Buch kannst du die Zuverlässigkeit deines Netzes aber erheblich verbessern.

Aufgabe	Smartphone im Mobilfunknetz	LoRa-Mesh
Kurze Textnachricht	sehr gut	gut
Standort teilen	sehr gut	gut
Telefonieren	sehr gut	nicht möglich
Fotos und Videos	sehr gut	nicht möglich
Funktioniert bei Stromausfall	nur kurz	ja, mit Akku tagelang
Laufende Kosten	Vertrag	keine
Abhängig von Anbietern	ja	nein

Was das Ganze kostet

Ein einfaches LoRa-Gerät, eine nackte Platine mit kleinem Bildschirm, bekommst du ab etwa 20 bis 30 Euro. Fertige Geräte mit Gehäuse, Akku und GPS liegen zwischen 40 und 100 Euro. Eine bessere Antenne kostet 15 bis 50 Euro, ein Solarknoten für das Dach mit allem Zubehör rund 80 bis 150 Euro. Laufende Kosten gibt es keine. Du zahlst weder Grundgebühr noch Datenvolumen, und die Software ist kostenlos.

Für den Anfang reichen zwei Geräte. Mit einem allein kannst du zwar die Einrichtung üben und vielleicht schon andere Teilnehmer in deiner Gegend hören, aber erst mit dem zweiten Gerät erlebst du, wie eine Nachricht hin und zurück läuft.

LERNPROJEKT **Die Idee entsteht**

Ende November 2025 fiel in Teilen von Schwerte für knapp sieben Stunden der Strom aus. Jana Demir saß mit Murat und Lea bei Kerzenlicht in der Küche und versuchte vergeblich, ihren Vater Klaus zu erreichen. Klaus ist 72, lebt allein in Ergste, etwa drei Kilometer entfernt, und hat Herzprobleme. Das Handynetz war nach einer Stunde zusammengebrochen, das Festnetz ohnehin. Murat fuhr schließlich mit dem Auto hin. Es ging Klaus gut, er hatte mit einer Taschenlampe Kreuzworträtsel gelöst.

Lea, die im Informatikunterricht von LoRa gehört hatte, schlug am nächsten Tag vor, ein eigenes Funknetz aufzubauen. Jana war skeptisch, Murat neugierig, Klaus hielt das Ganze für Spielerei. Am Ende einigte sich die Familie auf einen Versuch mit zwei Geräten und einem Budget von 100 Euro.

Ein Netz, das niemandem gehört

Es gibt noch einen Grund für ein eigenes Funknetz, der mit Stromausfällen und Funklöchern wenig zu tun hat: das Gefühl, etwas selbst in der Hand zu haben. Wer ein Smartphone nutzt, ist Kunde. Er bekommt einen Dienst, solange er zahlt und solange der Anbieter ihn anbietet. Die Regeln bestimmt der Anbieter, und er kann sie jederzeit ändern.

Ein LoRa-Mesh-Netz funktioniert anders. Es gehört allen, die mitmachen, und niemandem allein. Es gibt keinen Vertrag, keine Geschäftsbedingungen und keine Werbung. Wenn ein Teilnehmer aufhört, arbeiten die anderen weiter. Wenn ein neuer dazukommt, wird das Netz für alle ein Stück besser. Diese Idee hat in den vergange-

nen Jahren viele Menschen begeistert, die mit Funk vorher nichts zu tun hatten.

Das heißt nicht, dass du dein Smartphone wegwerfen sollst. Ein LoRa-Netz ist eine Ergänzung, ein zweites Standbein. Es ist da, wenn das erste wegbricht, und es macht im Alltag Spaß, ohne dass es dafür einen Notfall braucht.

Für wen dieses Buch gedacht ist

Dieses Buch richtet sich an Menschen ohne Vorkenntnisse in Funktechnik. Du musst weder Elektroniker noch Programmiererin sein. Wenn du schon einmal ein Gerät per Bluetooth mit dem Smartphone gekoppelt hast, bringst du alles mit, was du für den Einstieg brauchst. Die technischen Hintergründe erkläre ich so, dass du sie verstehst, ohne Formeln auswendig lernen zu müssen. Wo es doch einmal etwas zu rechnen gibt, findest du in Anhang E alle Formeln auf einen Blick.

Gleichzeitig soll das Buch auch denen etwas bieten, die schon ein Gerät besitzen und tiefer einsteigen wollen. Die Vertiefungskästen, die Kapitel über feste Knoten, Solarstrom, MeshCore und die Befehlszeile gehen deutlich über den Einstieg hinaus.

Werkstatt: Deinen Bedarf klären

Bevor du Geld ausgibst, nimm dir zehn Minuten Zeit und beantworte für dich ein paar Fragen. Die Antworten helfen dir in Kapitel 6 bei der Wahl der Geräte.

1. Schreib auf, mit wem du ohne Mobilfunk in Kontakt bleiben möchtest. Notiere Namen und Wohnorte.
2. Schätze die Entfernungen zwischen den Orten. Nimm dazu eine Karten-App und miss die Luftlinie.
3. Überlege, ob du das Netz vor allem zu Hause, unterwegs oder bei beidem nutzen willst.
4. Kreuze an, was dir wichtig ist: Textnachrichten, Standorte auf der Karte, Messwerte wie Temperatur.
5. Notiere, wie viel du ausgeben möchtest, und rechne mit mindestens zwei Geräten.
6. Prüfe, ob es in deiner Region schon eine Mesh-Gemeinschaft gibt. Such dazu nach dem Namen deiner Stadt zusammen mit den Begriffen Meshtastic oder MeshCore. Wie du vorhandene Netze auf Karten findest, zeige ich dir in Kapitel 25.

Heb diese Notizen auf. Wir kommen später darauf zurück.

Häufige Fragen

Ist das legal? Ja. Die Geräte senden in einem Frequenzbereich, den die Bundesnetzagentur allgemein zugeteilt hat. Jeder darf ihn ohne Anmeldung und ohne Prüfung nutzen, solange Sendeleistung und Sendezeit eingehalten werden. Die Software erledigt das für dich, wenn du die richtige Region einstellst. Kapitel 4 erklärt die Einzelheiten.

Können andere meine Nachrichten mitlesen? Nachrichten in privaten Kanälen und Direktnachrichten sind verschlüsselt. Wer den Schlüssel nicht kennt, sieht nur Datensalat. Nachrichten im öffentlichen Standardkanal kann dagegen jeder lesen, der ein Gerät mit denselben Einstellungen hat. Mehr dazu in den Kapiteln 11 und 12.

Brauche ich technisches Vorwissen? Nein. Wenn du eine App auf dem Smartphone installieren und ein USB-Kabel einstecken kannst, kommst du mit diesem Buch zurecht. Alles Weitere lernst du unterwegs.

Brauche ich Internet, um anzufangen? Nur einmal, um die App und die Firmware herunterzuladen. Danach funktionieren Geräte und Netz vollständig ohne Internet. Lediglich die Kartenansicht der App braucht für neue Kartenausschnitte eine Verbindung, es sei denn, du hast die Karten vorher heruntergeladen.

> KURZ GESAGT **Das Wichtigste aus Kapitel 1**
>
> Ein LoRa-Mesh-Netz überträgt kurze Nachrichten, Standorte und Messwerte ohne Mobilfunk und Internet. Es ersetzt weder Telefon noch Notruf, ist aber unabhängig, günstig und bei Stromausfall tagelang einsatzbereit. Für den Anfang genügen zwei Geräte.

KAPITEL 2

So funktioniert LoRa

Der Name LoRa steht für **Long Range**, also große Reichweite. Dahinter verbirgt sich ein Funkverfahren, das ursprünglich für Sensoren entwickelt wurde: Wasserzähler, Parkplatzsensoren, Messstationen auf Feldern. Solche Geräte müssen nur selten und nur wenige Daten senden, dafür aber über große Entfernungen und mit Batterien, die Jahre halten. Genau diese Eigenschaften machen LoRa auch für unsere Zwecke interessant.

In diesem Kapitel erfährst du, warum LoRa so weit reicht, warum es dafür so langsam ist und welche Stellschrauben es gibt. Dieses Wissen brauchst du später, wenn du Einstellungen wählst oder verstehen willst, warum eine Nachricht nicht ankommt.

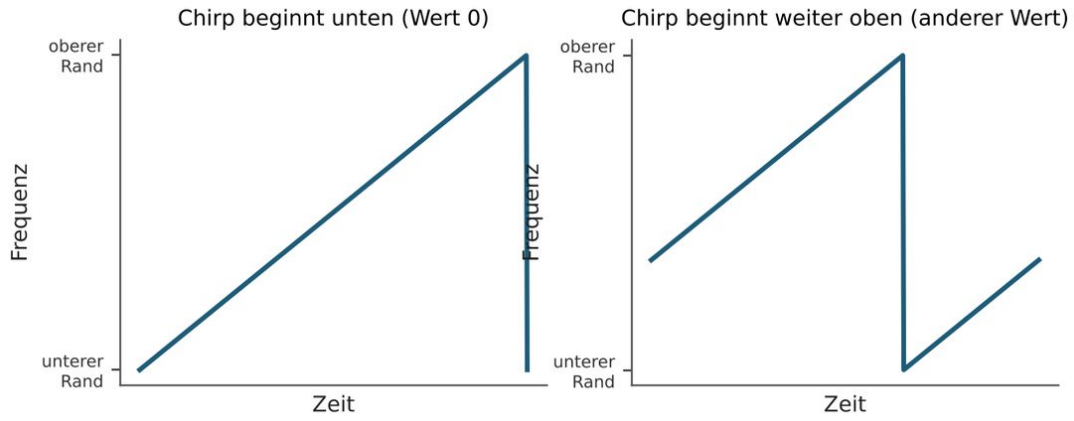
Leise, aber deutlich

Stell dir vor, du stehst auf einem lauten Bahnhof und willst einem Freund am anderen Ende des Bahnsteigs etwas zurufen. Wenn du schnell sprichst, versteht er kein Wort. Wenn du dagegen jedes Wort langsam und gedehnt rufst, vielleicht sogar singst, hat er eine viel bessere Chance, dich zu verstehen, obwohl du nicht lauter geworden bist.

LoRa macht genau das. Es dehnt jedes Stück Information zeitlich aus, sodass der Empfänger es selbst dann noch erkennt, wenn es kaum noch aus dem Rauschen herausragt. Tatsächlich kann ein LoRa-Empfänger Signale entschlüsseln, die **schwächer als das Hintergrundrauschen** sind. Das klingt nach Zauberei, ist aber Mathematik: Weil der Empfänger genau weiß, wonach er sucht, kann er das Muster auch unter dem Rauschen finden.

Zirpen statt Pfeifen

Die meisten Funkverfahren senden auf einer festen Frequenz und verändern Stärke, Phase oder Frequenz nur ganz leicht, um Daten zu übertragen. LoRa arbeitet anders. Es sendet sogenannte **Chirps**, auf Deutsch Zirpen. Ein Chirp ist ein Ton, dessen Frequenz gleichmäßig ansteigt, ähnlich wie ein Vogel, der einen Ton von unten nach oben zieht.



Ein LoRa-Chirp: Die Frequenz steigt gleichmäßig über die ganze Bandbreite an. Wo der Chirp beginnt, trägt die Information.

Die Information steckt darin, an welcher Stelle der Chirp beginnt. Fängt er ganz unten an, bedeutet das zum Beispiel den Wert 0. Fängt er etwas weiter oben an, springt beim oberen Rand nach unten und läuft dann weiter, bedeutet das einen anderen Wert. Der Empfänger vergleicht das empfangene Signal mit einem idealen Chirp und erkennt so den Startpunkt. Das Fachwort für dieses Verfahren lautet **Chirp Spread Spectrum**, abgekürzt CSS.

Ein großer Vorteil der Chirps ist ihre Robustheit. Kurze Störungen, Echos von Gebäuden oder leichte Frequenzabweichungen billiger Quarze bringen den Empfänger kaum aus dem Tritt. Deshalb funktionieren selbst Geräte für 20 Euro erstaunlich gut.

Die drei Stellschrauben

Wie stark LoRa die Information dehnt, bestimmen drei Einstellungen. Du musst sie nicht auswendig lernen, weil die Software fertige Voreinstellungen mitbringt. Wer sie versteht, kann aber gezielter entscheiden.

Spreizfaktor

Der **Spreizfaktor**, englisch Spreading Factor und abgekürzt SF, gibt an, wie lang ein einzelner Chirp dauert. Die Werte reichen von SF7 bis SF12. Jede Stufe verdoppelt die Dauer eines Chirps. Ein Chirp mit SF12 dauert also 32-mal so lang wie einer mit SF7.

Ein höherer Spreizfaktor bedeutet mehr Reichweite, weil der Empfänger mehr Zeit hat, das Signal aus dem Rauschen zu fischen. Er bedeutet aber auch, dass jede Nachricht viel länger in der Luft ist. Das kostet Akku, blockiert den Kanal für andere und frisst die erlaubte Sendezeit auf, über die wir in Kapitel 4 sprechen.

Bandbreite

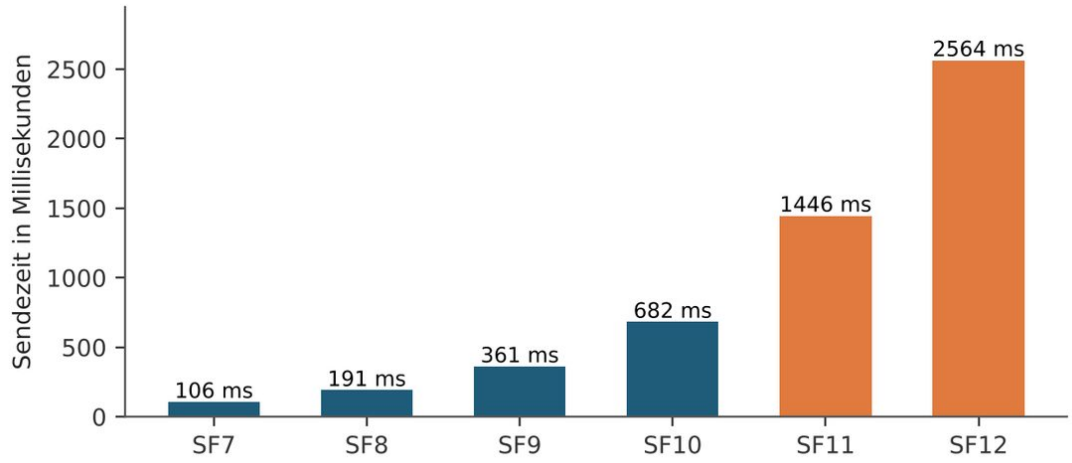
Die **Bandbreite** gibt an, über welchen Frequenzbereich sich der Chirp erstreckt. Übliche Werte sind 62,5 kHz, 125 kHz und 250 kHz. Eine größere Bandbreite macht die Übertragung schneller, weil der Chirp seinen Weg in kürzerer Zeit zurücklegt. Eine kleinere Bandbreite macht sie empfindlicher und damit reichweitenstärker, aber langsamer. Schmale Bandbreiten stellen höhere Ansprüche an die Frequenzgenauigkeit der Geräte. Moderne Funkchips kommen damit aber gut zurecht.

Fehlerkorrektur

Die **Kodierrate**, englisch Coding Rate und abgekürzt CR, legt fest, wie viele zusätzliche Prüfbits mitgeschickt werden. Bei 4/5 kommen auf vier Datenbits ein Prüfbit, bei 4/8 vier Prüfbits. Mehr Prüfbits machen die Übertragung robuster gegen Störungen, aber auch langsamer.

Reichweite gegen Geschwindigkeit

Alle drei Stellschrauben laufen auf denselben Tauschhandel hinaus: Du kannst schneller senden oder weiter. Beides gleichzeitig geht nicht. Die folgende Abbildung zeigt, wie stark sich die Sendezeit einer kurzen Nachricht mit dem Spreizfaktor verändert.



Sendezeit einer Nachricht mit 50 Byte bei 125 kHz Bandbreite und Kodierrate 4/5: Jede Stufe des Spreizfaktors verdoppelt ungefähr die Zeit in der Luft.

Damit nicht jeder selbst an diesen Werten drehen muss, bringen Meshtastic und MeshCore **Voreinstellungen** mit, sogenannte Presets. Meshtastic nennt sie zum Beispiel LongFast, MediumFast oder ShortSlow. Der erste Teil des Namens sagt etwas über die Reichweite, der zweite über die Geschwindigkeit innerhalb dieser Reichweitenklasse. LongFast etwa verwendet SF11 mit 250 kHz

Bandbreite. Es reicht weit und ist für diese Reichweite vergleichsweise flott.

Wichtig ist: **Alle Geräte, die miteinander sprechen sollen, brauchen dieselbe Voreinstellung.** Ein Gerät auf LongFast hört ein Gerät auf MediumFast nicht, selbst wenn beide nebeneinander liegen. Das ist einer der häufigsten Gründe, warum Einsteiger niemanden finden, und wir kommen in Kapitel 10 darauf zurück.

Wie weit reicht LoRa wirklich?

Im Internet kursieren Rekorde von mehreren hundert Kilometern. Die gibt es tatsächlich, etwa zwischen zwei Berggipfeln oder von einem Wetterballon aus. Mit dem Alltag hat das wenig zu tun. Realistisch kannst du mit folgenden Werten rechnen:

Umgebung	typische Reichweite zwischen zwei Handgeräten
dichte Innenstadt, Gerät in der Tasche	0,5 bis 2 km
Wohngebiet, Gerät am Fenster	1 bis 4 km
offenes Land, Gerät in Brusthöhe	3 bis 8 km
Knoten auf Dach oder Hügel zu Handgerät	5 bis 20 km
zwei Knoten mit freier Sicht, etwa Berg zu Berg	30 km und mehr

Die Spanne ist groß, weil die Reichweite vor allem von einer Sache abhängt: ob zwischen den Antennen Hindernisse liegen. Hügel, Häuser, Bäume und sogar dein eigener Körper schlucken das Signal. Eine Antenne, die nur zwei Meter höher hängt, bringt oft mehr als die doppelte Sendeleistung. Wie du die Reichweite gezielt planst, erfährst du in Kapitel 16.

LoRa und LoRaWAN sind nicht dasselbe

Vielleicht bist du bei deiner Recherche schon über den Begriff **LoRaWAN** gestolpert. LoRaWAN ist ein Netzwerkprotokoll, das auf LoRa aufsetzt. Es ist sternförmig aufgebaut: Sensoren funken zu Empfangsstationen, sogenannten Gateways, und diese leiten die Daten über das Internet an einen Server weiter. Ein bekanntes Beispiel ist das Gemeinschaftsnetz The Things Network.

Für unsere Zwecke ist LoRaWAN ungeeignet, weil es auf das Internet angewiesen ist und Geräte nicht direkt miteinander sprechen.