

SotA - LoRaWAN Messen & Testen

Detlef Burkhardt



SotA LoRaWAN - Messen & Testen

State-of-the-Art Werkzeuge, Metriken und Praxisbeispiele für das Messen und Testen von LoRaWAN-Netzen.

Title: SotA LoRaWAN - Messen & Testen
Type: Working Paper
License: CC-BY-NC-ND 4.0
Version: 0.3.1
DOI: 10.5281/zenodo.15279127 (Version)
10.5281/zenodo.15279047 (Concept)
Date: April, 2025

Author Detlef Burkhardt <https://orcid.org/0009-0000-9155-716X>
DOI-Link <https://doi.org/10.5281/zenodo.15279047>

Abstract

Dieses Paper bietet einen kompakten Überblick über Methoden und Geräte zur Messung von LoRaWAN-Netzen. Es behandelt zentrale Metriken wie RSSI, SNR, Spreading Factor und Paketverlust und vergleicht portable Messgeräte vom DIY-Bereich bis zur Industrieklasse. Neben Anforderungen an Mess-Nodes werden praxisnahe Anwendungsbeispiele, Konfigurationstipps und Perspektiven für offene, wartungsarme Lösungen vorgestellt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

- 1.1 Ziel und Motivation
- 1.2 Messgrundlagen
 - 1.2.1 RSSI – Signalstärke
 - 1.2.2 SNR – Signal-Rausch-Verhältnis
 - 1.2.3 SF – Spreading Factor
 - 1.2.4 TX Power – Sendeleistung (dBm)
 - 1.2.5 RX Sensitivity – Empfangsschwelle
 - 1.2.6 GPS – Positionsdaten für Mapping
 - 1.2.7 ACK & Packet Loss – Zuverlässigkeit

2. Anforderungen an Mess-Nodes

- 2.1 Technische Basisfunktionen (LoRaWAN, GPS, Power)
- 2.2 Bedienbarkeit & Konfiguration (Handy, Display, Konfiguration)
- 2.3 Visualisierung & Datenintegration (Map, App, Anzeige)

3. Bewertung & Vergleich von Messgeräten

- 3.1 Vergleichskriterien
- 3.2 Gerätekategorien im Überblick
- 3.3 Geräte im Detailvergleich – DIY-Klasse
 - TTGO T-Beam
 - Heltec Stick V3
 - RAK WisBlock
- 3.4 Geräte im Detailvergleich – Midrange-Klasse
 - RAK10706 Signal Meter
 - Dragino LGT-92
 - Moko LW001-BG Pro
 - SenseCAP S210x
- 3.5 Geräte im Detailvergleich – Industrie-Klasse
 - Adeunis Field Test Device
 - Kerlink Field Tester
 - Tektelic Kona Field Kit
- 3.6 Zielgruppen & Empfehlungen
 - 3.6.1 Entscheidungs-Matrix
 - 3.6.2 Empfehlungen nach Anwendungsfall
 - 3.6.3 Budget vs Komfort
 - 3.6.4 Fazit & hybride Lösungen

4. Anwendungsfälle

- 4.1 Netzplanung & Reichweitenanalyse
- 4.2 Innenraum- und Kellerabdeckung
- 4.3 Mobile Feldtests & Mapping

5. Setup, Tools & Anleitungen

- 5.1 Geräteeinrichtung & Konfigurationspfade
- 5.2 Flash- und Firmware-Anleitungen
- 5.3 TTN & Datenintegration
- 5.4 Gehäuse & Zubehör
- 5.5 Templates & Beispielkonfigurationen
- 5.6 End-to-End Beispiele & Use Cases
 - 5.6.1 Sensor → Gateway → TTN → Dashboard

- 5.6.2 LoRaWAN Netzwerk verstehen & debuggen
- 5.6.3 Reichweiten-Mapping mit TTN Mapper
- 5.6.4 BLE-Logger + Offline-Upload (Bonus)

6. Ausblick & Weiterentwicklung

- 6.1 Bedarf an offenen OOTB-Messgeräten <100 €
- 6.2 BLE-Logger, App-Anbindung & Smartphone-Integration
- 6.3 Ambient-Messgeräte & Energie-Harvesting
 - 6.3.1 Motivation: Wartungsarme Infrastruktur
 - 6.3.2 Energiequellen: Solar, RF, Thermo, Bewegung
 - 6.3.3 Beispiele & Prototypen
 - 6.3.4 Perspektiven: Passive Mapping via Infrastruktur
- 6.4 TTM-Mapper, Datacake & Tools der nächsten Generation
- 6.5 Dashboards & Community-Potenzial
- 6.5 Open Hardware & Community-Perspektiven

1. Einleitung

1.1 Ziel & Motivation

LoRaWAN ist beinahe ein Alleskönner. Es ermöglicht stromsparende Funkverbindungen über große Distanzen und eignet sich besonders für IoT-Anwendungen mit geringem Datenvolumen. Doch auch diese Technologie hat ihre Grenzen, zum Beispiel in stark abgeschirmten Innenräumen oder bei Anforderungen an hohe Datenraten und kurze Latenzen. Wer LoRaWAN in der Praxis nutzen will, sollte wissen, wo es glänzt – und wo andere Funkstandards unter Umständen besser geeignet sind.

Messungen helfen dabei, diese Unterschiede sichtbar zu machen. Sie liefern die Grundlage für fundierte Entscheidungen: Wo reicht ein einzelnes Gateway? Wann ist ein Repeater sinnvoll?

Wo ist die Reichweite eingeschränkt, obwohl die Signalstärke auf dem Papier gut aussieht? Besonders im urbanen Raum oder in Gebäuden führt oft erst eine reale Messung zu verlässlichen Erkenntnissen.

Die Spannbreite möglicher Testszenarien ist groß. Sie reicht vom einfachen Kellertest mit einem TTGO-Gerät über Mapping-Fahrten mit GPS-Tracking bis hin zu systematischen Feldtests mit TTN Mapper oder eigenen Dashboards. Jedes dieser Szenarien stellt andere Anforderungen an Hardware, Software und Auswertung.

Ziel dieses Papers ist es, diese Vielfalt abzubilden und praxisnahe Orientierung zu bieten, sowohl für Einsteigerinnen und Einsteiger, die mit DIY-Geräten arbeiten, als auch für Kommunen, Forschungsteams und Unternehmen, die professionellere Lösungen benötigen. Dabei geht es nicht nur ums Testen, sondern auch ums Verstehen: Wie funktioniert LoRaWAN unter realen Bedingungen, und was lässt sich daraus lernen?

1.2 Messgrundlagen

In diesem Abschnitt werden zentrale Messgrößen und ihre Bedeutung für LoRaWAN-Testungen erklärt. Sie bilden die Basis für jede fundierte Bewertung von Netzabdeckung, Zuverlässigkeit und Reichweite.

1.2.1 RSSI (Received Signal Strength Indicator) Der RSSI-Wert gibt die empfangene Signalstärke in dBm an. Er liefert eine grobe Einschätzung, ob ein Funksignal überhaupt erkannt wird, sagt jedoch wenig über die Qualität der Verbindung aus. Typische Werte liegen zwischen -30 dBm (sehr stark) und -120 dBm (kaum erkennbar).

1.2.2 SNR (Signal-to-Noise Ratio) Das Verhältnis zwischen Signal und Hintergrundrauschen wird in dB angegeben. Positive SNR-Werte sind ideal, Werte unter 0 dB deuten auf eine verrauschte Verbindung hin. SNR ist entscheidend für die Dekodierbarkeit von LoRa-Signalen.

1.2.3 Spreading Factor (SF) Der Spreading Factor beeinflusst Reichweite und Datenrate. Höhere SF-Werte erhöhen die Reichweite, aber verringern die Datenrate und erhöhen die Airtime. Typische Werte reichen von SF7 (schnell, aber kurzreichweitig) bis SF12 (langsam, aber weitreichend).

1.2.4 TX Power (Sendeleistung) Die Ausgangsleistung des Senders wird in dBm angegeben. Höhere TX-Werte können die Reichweite verbessern, erhöhen aber auch den Energieverbrauch. Die maximal zulässige Leistung ist gesetzlich begrenzt (z. B. +14 dBm in EU).

1.2.5 RX Sensitivity (Empfangsschwelle) Die Empfindlichkeit des Empfängers definiert, wie schwach ein Signal noch erkannt werden kann. Sie ist abhängig vom SF und anderen Parametern. Niedrige Sensitivitätswerte (z. B. -137 dBm) bedeuten hohe Empfangsstärke.

1.2.6 GPS (Global Positioning System) Für mobile Messungen ist GPS essentiell. Es erlaubt das Mapping von Empfangsdaten. Wichtig sind Genauigkeit, TTFF (Time to First Fix) und Konnektivität in schwierigen Umgebungen.

1.2.7 ACK & Packet Loss Die Erfolgsrate von Downlink-Bestätigungen (ACK) sowie verlorene Pakete geben Auskunft über die Zuverlässigkeit der Verbindung. Messungen über mehrere Zyklen liefern hier belastbare Aussagen.

Diese Metriken ermöglichen gemeinsam eine umfassende Bewertung der Netzqualität und helfen, Probleme gezielt zu identifizieren.