

Messdatenerfassung für den Gartenbau

Umgebungsbedingungen von Pflanzen mit LoRa-Sensoren messen, Daten übertragen zum TheThingsNetwork, Daten auswerten mit einem Raspberry Pi4 Kleincomputer und NodeRED-Server

Autor: Hans Koch
Firma: koha IT & Elektrotechnik
Druckdatum: 2025-07-13

Der Titel der Arbeit muss aktiv formuliert sein, also z.B. so:
„Aufbau eines Systems zur Messdatenerfassung, Übermittlung über das Lora-WAN und Auswertung mit einem Raspberry Pi basierten Noder-RED-Dashboard“.

Das Tabellen-Layout des Titelblatts verhindert, dass Teile des Titelblatts auf die zweite Seite rutschen.

Diese Titel-Felder (Haupt-Titel, Unter-Titel, Autor usw. sollten möglichst in Dokumenteneigenschaften erfasst und hier als Feld eingefügt sein.
–Dadurch sind sie mehrfach im Dokument verwendbar (z.B. Fußzeile, Kopfzeile, weitere einführende Abschnitte..)

Dieses Dokument zeigt beispielhaft einige wichtige Dokumentationsrichtlinien für wissenschaftliche und andere Arbeiten. Inhaltlich wurde es nicht vollständig ausformuliert. In „Sprechblasen“-Anmerkungen wird auf zu beachtende bzw. auch fehlerhafte Punkte hingewiesen.

Hier erfolgt ein Umbruch auf das nächste Seitenlayout.

MS-WORD: „Abschnittswechsel“

LibreOffice: Einfügen Umbruch Manueller Umbruch, Seitenvorlage wählen

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich das aktuelle Dokument *Messdatenerfassung für den Gartenbau* selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort

Datum

Unterschrift

*Textvorgabe je nach Auftraggeber / Hochschule
Wenn diese Erklärung nicht gefordert wird, bleibt
die Seite leer oder wird entfernt.*

Titel der Arbeit wird dynamisch aus den Dateieigenschaften übernommen

Alle Seiten vor dem Beginn des Inhaltsverzeichnis

– ohne Kopfzeile, ohne Fußzeile, ohne Seitennummer

Die Überschriften in diesem Bereich sind zwar im gleichen Style gestaltet wie später die gegliederten Überschriften, jedoch dürfen sie nicht ins Inhaltsverzeichnis aufgenommen werden. (deshalb separate Absatz-Formatvorlage „ohne Nummer ohne Eintrag“

Kurzfassung (Abstract)

Das Projekt umfasst die Installation und Konfiguration von Mess-Sensoren mit Anbindung an das TTN (The Things Network).

Das IoT- (Internet of Things-) System **LoRIS** der Firma **ELV Elektronik AG** wird als Sensorsystem eingesetzt, als Auswerterechner ist ein Minicomputer **Raspberry Pi4** vorgesehen. Dieser soll die Messdaten des TTN in einer Dashboard-Ansicht übersichtlich aufbereiten.

Um das technische Verständnis für diese Technologie der Funk-Datenübertragung zu bilden, werden zunächst die technischen Grundlagen der LoRaWAN-Technologie und der Sensoranschaltung erläutert. Anschließend erfolgt die technische Umsetzung des Projekts mit Sensor und **LoRIS**-Basissystem, die Konfiguration des TTN-Zugangs, Grundinstallation des **Raspberry Pi4** und die Auswertung der Daten mit einer Node-RED-Applikation. Diese soll die Sensordaten in einem übersichtlichen Dashboard anzeigen.

Schlagwörter:

TheThingsNetwork, LoRaWAN, Internet of Things, Temperatursensor, Raspberry Pi4, Node-RED

--kurze und aussagekräftige Beschreibung des Inhalts der Arbeit.

Fragestellung

methodische Vorgehensweise

Hauptergebnisse

Umfang: 200-250 Wörter und ca. 5-7 Stichwörter

Zusätzlich unter der Überschrift Abstract in englischer Sprache (ab DHBW T_2000 Pflicht)

Inhalt

Abkürzungen.....	VI
Formelgrößen und Einheiten.....	VI
Datei- und Versionsinformationen.....	VI
1 Einleitung.....	1
2 Aufgabenstellung/Projektauftrag.....	2
3 Grundlagen.....	3
3.1 Messverfahren und Sensoren.....	3
3.1.1 Temperaturmessung.....	3
3.2 Drahtlose Vernetzung von Geräten.....	3
3.3 Datenübertragung mit LoRA (LowRange).....	4
3.3.1 Sensorknoten.....	4
3.4 LoRa-Gateway.....	5
3.5 The Things Network (TTN).....	7
3.5.1 Privates Gateway bei TTN.....	8
3.6 TTN-Network-Server, Join-Server und Application-Server.....	8
3.7 Nachrichtenübermittlung im LoRaWAN.....	9
3.8 IoT-System LoRIS.....	9
3.8.1 LoRIS-Base.....	10
3.8.2 Temperatur- und Luftfeuchtemodul.....	11
3.9 Das Entwicklungstool Node-RED.....	13
4 Projektdurchführung.....	14
4.1 LoRa-Gateway registrieren.....	14
4.2 LoRa-End-Device registrieren.....	15
4.3 Daten des End-Device anzeigen.....	15
4.3.1 TTN-Website.....	15
4.3.2 Anwendung mit NodeRed.....	15
4.4 Zugriff auf den TTN-Applikationsserver.....	16
4.4.1 Installation von Node-RED auf dem dem Broker-Client.....	17
4.4.2 Node-RED Zugriff absichern.....	19
4.4.3 Node-RED mit dem TTN-Server verbinden.....	22
Literaturverzeichnis.....	23
Anhang.....	24

*ACHTUNG: Gliederungsfehler
mehrere Gliederungsebenen 3 stehen alleine – wenn es x.x.1 gibt,
muss es auch x.x.2 geben!
Die Ebene 2 (3.4 Lora-Gateway) müsste logisch ein Unterpunkt von
Lora sein
Gliederungen maximal bis zur dritten Ebene*

Abbildungen

Abbildung 1: Verbindung Sensorknoten – Gateway (Quelle: LoRa-Prinzip HK).....	6
Abbildung 2: Gateways im Großraum Stuttgart (07/2023) Quelle: https://www.thethingsnetwork.org/map	7
Abbildung 3: Detaillierte Daten von Gateways.....	8
Abbildung 4: LoRA Gateway montiert (Bildquelle: HK).....	8
Abbildung 5: LoRa Server (Quelle: LoRa-Prinzip HK).....	9
Abbildung 6: Leiterplatte LoRIS-Base Bildquelle: ELV Elektronik GmbH, Leer....	10
Abbildung 7: Stromlaufplan AM-TH1 Quelle: ELV Elektronik GmbH, Leer.....	11
Abbildung 8: Gatewayregistrierung.....	14
Abbildung 9: Sensordaten anzeigen.....	15
Abbildung 10: Zugriff auf den TTN-Applikationsserver (Quelle: HK).....	16
Abbildung 11: LAN-Verbindung zum Broker-Client (Quelle: LoRa-Prinzip HK)....	17
Abbildung 12: Noder-RED - erster Start.....	18
Abbildung 13: Node-RED Anmeldung.....	20
Abbildung 14: https-Verbindung zu Node-RED.....	22
Abbildung 15: Node-RED mit dem Application-Server verbinden.....	22
Abbildung 16: Gateway Identifikationsdaten.....	24
Abbildung 17: Basismodul mit Temperatur-Messmodul.....	25

Abbildungen und Tabellen

Sämtliche Abbildungen und Tabellen müssen fortlaufend nummert sein. Neben der Nummer steht eine Legende, die auch ohne des Haupttext verständlich sein muss. Auf jede Abbildung muss im Fließtext mit einem dynamischen Querverweis hingewiesen werden.

Quellnachweise erfolgen unmittelbar hinter der Legende

Abkürzungen

DNS	domain name system
DynDNS	dynamisches domain name system
IoT	Internet of Things
LoRa	LowRange
LoRaWAN	Low Range Wide Area Network
LPWAN	Low Power Wide Area Network
LTE	Long Term Evolution
TTN	The Things Network
Wi-Fi	Wireless Fidelity
LPWAN-IoT	Low Power Wide Area Networks - Internet of Things

Abkürzungen, Formelgrößen

Alle im Text, Bild oder in den Formeln verwendeten Bezeichnungen
 -alphabetisch nach Kurzzeichen inklusive Indizierung ordnen
 -mit Einheit und Benennung versehen
 Lateinische Bezeichnungen vor den griechischen.
 Abkürzungen,

Abkürzungen von Formelgrößen getrennt aufführen und beim ersten Gebrauch auch m Fließtext einführen.

Formelgrößen und Einheiten

f	MHz	Frequenz
L _p	dBm	Leistungspegel: 1 dBm (Dezibel Milliwatt) ist die logarithmische Wertangabe für die Signalstärke z.B. bei einer Funk-Datenübertragung

Datei- und Versionsinformationen

Dateiname:	D:\DatenSiemens\SPE\KURSE\10-Kurse_IT\12-Office_WORD-Dokumentieren\Musterdoku-lorawan_v23.0723.odt
Erstellt:	30.06.2023 - 07:21:49
Geändert:	09.07.2025 - 07:45:42
Gedruckt:	13.07.2025 - 09:17:14
Gespeicherte Version	143
Bearbeitungszeit	30:55,00

Diese Auflistung ist bei wissenschaftlichen Arbeiten nicht gefordert und dient hier nur zur Demonstration des Abdrucks von Dokumenteninformationen.

Am Ende des Verzeichnisteils erfolgt ein Abschnittsumbruch. Eine Neunummerierung beginnend mit 1 und arabischen Ziffern ist möglich. Alternativ wird von Beginn an mit arabischen Ziffern durchgehend nummeriert.

1 Einleitung

Im Gartenbau und der Landwirtschaft ist die Messung der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur eine wichtige Berechnungsgrundlage zur Bestimmung des Taupunkts, um z.B. eine potentielle Gefährdung der Pflanzen durch Schimmel zu erkennen. Häufig sind die Anlagen der Pflanzen in Gewächshäusern oder auf dem freien Feld nicht im erreichbaren Bereich eines WiFi- (Wide Fidelity-) Netzwerks, die Spannungsversorgung kann nur über Akkus, eventuell mit Solarversorgung erfolgen. Deshalb ist auf sparsamen Energieverbrauch der Komponenten zu achten.

ACHTUNG: Fehlerquelle: WiFi oder Wi-Fi oder Wifi. Im gesamten Dokument muss dies einheitlich sein!! Von Beginn an darauf achten!!!

Im Projekt soll ein Mess-Sensor für Temperatur und Luftfeuchtigkeit mit Hilfe des **LoRIS**-IoT-Systems an das TTN- (The Things Network) Weitbereichs-Netzwerk angeschlossen werden. Die Messdaten müssen in regelmäßigen Abständen zum Applikationsserver des TTN gesendet und dort weiterverarbeitet werden.

Beim eingesetzten System handelt es sich um eine Experimentierplattform der ELV Elektronik AG, Leer¹. Die zur Verfügung stehenden Leiterplatten **LoRIS-Ba-se**² und **LoRIS-AM-TH1**³ sind bereits bestückt und müssen mit dem TTN verbunden werden. Die Konfiguration der IoT-Geräte erfolgt über einen neu anzulegenden TTN-Account. Der TTN-Applikationsserver sorgt für eine einfache Datenaufbereitung. Im zweiten Projektabschnitt soll der Zugriff auf die Sensordaten mit einem Raspberry Pi Kleincomputer unter Nutzung eines NodeRed-Flows erfolgen. Weiteres Ziel ist, diese aufbereitete Dashboard-Anzeige durch Einrichtung einer Portweiterleitung und DynDNS (Dynamisches Domain Name System) - Registrierung im Internet verfügbar zu machen.

Die Umsetzung des Gesamtprojekts erfolgt zunächst im Labor. Nach erfolgreichem Abschluss erster Funktionstests wird das System vor Ort auf dem Gartengrundstück montiert.

Grundsätzlich ist Absatzformatierung durch Absatzformatvorlage vorzunehmen!

Zusätzlich: Inline - Zeichenformatierung durch Zeichenformatvorlage

Problemstellung, Ziel und Vorgehensweise der Arbeit

Einleitung =

-Ausgangspunkt der Arbeit

-In kurzer Form zur Problemstellung hinführen

-Interesse der lesenden Person für die Arbeit wecken.

Ziele und Vorgehensweise nicht vermischen!

Ca ½ Seite

¹ www.elvjourn.com

² Basis-Experimentierplattform

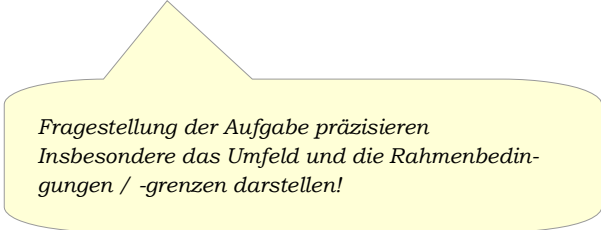
³ Leiterplatte mit Temperatur- und Feuchtigkeitssensor

2 Aufgabenstellung/Projektauftrag

Der Projektauftrag umfasst die Konfiguration, TTN-Registrierung, Inbetriebnahme und Tests eines LoRa-Sensors. Der Sensor soll später in einem Gemüse-Gewächshaus zur klimatischen Überwachung des Innenraums eingesetzt werden. Am Einsatzort ist weder Spannungsversorgung noch Netzwerk (Kabel, drahtlos) in erreichbarer Nähe. Aufgrund zu erwartender Umgebungsbedingungen ist nach Abschluss der Testphase der Einbau in ein geeignetes Gehäuse unbedingt erforderlich. Dieser Endausbau ist nicht Teil des Versuchsaufbaus und wird zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt.

Der Zugriff auf den TTN-Applikationsserver und die Auswertung der Daten soll mit Hilfe eines Kleincomputers Raspberry Pi4 und dem Node-RED-System erfolgen. Um einen weltweiten Zugriff auf das Node-RED-Dashboard zu ermöglichen, ist Portweiterleitung im Heimrouter einzurichten. Als Domainname ist bei einem dynamischen DNS-Dienst (z.B. duckdns.org) ein geeigneter Domainname zu registrieren und auf den Raspberry Pi umzuleiten.

Die Spannungsversorgung am Einsatzort wird in der ersten Ausbaustufe durch eine 5 V-Powerbank sichergestellt. Eine Versorgung über Solarzellen und -regler ist anzustreben, jedoch nicht Teil des Projekts.



*Fragestellung der Aufgabe präzisieren
Insbesondere das Umfeld und die Rahmenbedingungen / -grenzen darstellen!*

3 Grundlagen

Im folgenden Abschnitt werden grundlegende Funktionen des LoRaWAN und der im Projekt verwendeten Komponenten beschrieben.

3.1 Messverfahren und Sensoren

Grundsätzlich erfolgt vor tieferen Gliederungspunkten vor jedem Unterpunkt eine Einführung. Hier erfolgt zunächst eine Einleitung zum Kapitel, anschließend die Untergliederung

In diesem Abschnitt erfolgt die Beschreibung grundsätzlicher Messmethoden für Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Außerdem werden die technischen Daten der verwendeten Sensoren ausführlich dargestellt.

3.1.1 Temperaturmessung

FEHLER: Gliederungsfehler
– wenn es 3.1.1 gibt muss es auch 3.1.2 geben, ansonsten ist die Überschrift wertlos

Die Temperatur ist eine physikalische Größe, die in den SI-Einheiten (Système international d'unités) Kelvin (K) und Grad Celsius (°C) gemessen werden. Bei der Messung mit Sensoren kann unter verschiedenen Arten gewählt werden. Zur Verfügung stehen hauptsächlich Thermoelemente, Widerstandssensoren und Infrarotsensoren. Einige wichtige Sensorarten sind hier kurz zusammengefasst (Quelle: [1]).

3.2 Drahtlose Vernetzung von Geräten

Lange Zeit wurden Netzwerke wie Mobiltelefone, Tablets, Smartwatches, Kameras und Wi-Fi verbunden. Nachteile dieser Technologien sind die relativ geringe Reichweite und der hohe Energieverbrauch. Somit ist der Betrieb nur in einem begrenzten Bereich und während einer eng begrenzten Zeit möglich.

ACHTUNG: Abstände zum nächsten Absatz müssen immer gleich sein.
Keine leeren Absatzmarken setzen!
BESSER: Absatzformat generell ändern.

Bei allen Werten mit Einheiten müssen IMMER geschützte Leerzeichen eingesetzt werden (Strg+Shift+Leer), damit im Umbruchfall Wert und Einheit beieinander bleiben!

Sollen größere Entfernungen überbrückt werden, muss GSM, UWB oder LTE eingesetzt werden. Ein LPWAN (Low Power Wide Area Network) kann große Reichweiten mit geringem Energieverbrauch überbrücken. Der Frequenzbereich von Funknetzwerken mit hohem Radius befindet sich in Europa im Bereich von 798 MHz bis 960 MHz. Darin ist ein unlizenzierter Bereich zwischen 863 MHz und 870 MHz enthalten, der für private Zwecke verwendet werden darf [2].

Zum Vergleich: Analoges Rundfunk arbeitet zwischen 87,5 MHz und 108 MHz, das digitale Antennenfernsehen DVB-T2 nutzt Frequenzen im Bereich zwischen 470 MHz und 690 MHz.

Literaturverweis Kurzbeleg (erscheint im LitVerz.)

3.3 Datenübertragung mit LoRA (LowRange)

LoRa ist ein Übertragungsverfahren auf der Bitübertragungsschicht (OSI 1 - physical layer), ausgelegt für auf Energieeffizienz für Reichweiten über 10 km für die Kommunikation vom Endgerät zum Netz, in selteneren Fällen auch umgekehrt (asymmetrische Übertragung). Die Datenübertragungsgeschwindigkeit liegt zwischen 292 bit/s und 50 kBit/s.

automatischer Querverweis auf die folgende Tabelle

Einige technischen Festlegungen für LoRa in Europa sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: LoRA Eigenschaften

*Tabellenbeschriftung oberhalb der Tabelle
/ Tabellenvorlage verwendet*

Frequenzbereich	868 MHz
Sendeleistung am Funkknoten max.	14 dBm
Belegungsdauer (duty cycle)	0,1%, 1% und 10%
Reichweiten	2 km (Stadt) bis 40 km (Land)
Gebäude-Durchdringung	gut gewährleistet
Strombedarf in End-Devices	10 mA (Betrieb), 100 nA (Ruhemodus)
Batterielebensdauer im End-Device	2 bis 10 Jahre

Damit die öffentlichen Frequenzen nicht überlastet werden, sollen Endgeräte (LoRa-Nodes) nicht mehr als eine Nachricht pro 5 Minuten senden.

Der gemeinnützige Verein *LoRa Alliance* hat sich zum Ziel gesetzt, LPWAN-IoT (Low Power Wide Area Networks - Internet of Things) in großem Bereich zu ermöglichen. Deshalb wird der offene LoRaWAN-Standard weiterentwickelt und gefördert. LoRaWAN und TTN.

Abkürzungen beim ersten Mal ausschreiben!

--zusätzlich ins Abkürzungsverzeichnis aufnehmen

Das Übertragungsverfahren LoRa (Long Range) und das Übertragungsprotokoll LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) wurde vom amerikanischen Unternehmen *Semtech* patentiert. Es ermöglicht die Übertragung von Datenmengen, die hauptsächlich von Sensorknoten stammen, energiesparend bzw. energieautark per Funk an eine entsprechende Netzwerk-Infrastruktur weitergeleitet. LoRaWAN ist eine bekannte und mittlerweile weit verbreitete LPWAN-Technologie.

Handwerklicher FEHLER: Absatzabstand durch leeren Absatz erzeugt!

Beispiel: Ein Sensor soll Daten erfassen und im Netzwerk zur Verfügung stellen. Leider ist die Entfernung zum nächsten erreichbaren WLAN zu groß und auch die Energieversorgung mittels 230 V-Steckdose ist nicht vorhanden. Durch die Konfiguration eines LoRa-Sensors und die Funk-Datenübertragung können die Informationen z.B. über das weltweit vernetzte TTN weiterverarbeitet werden [3].

Literaturverweis Kurzbeleg (erscheint im LitVerz.)

3.3.1 Sensorknoten

Das LoRaWAN nutzt eine Sterntopologie vom Endgerät zum Gateway. Eine direkte Kommunikation **zwischen** den Devices ist **nicht möglich**.

Innerhalb des LoRaWAN sind drei Klassen von End-Devices spezifiziert.

- Class-A:

Die ist die energiesparendste Variante.

*Absatzformatierung durch Absatzformatvorlage
mit Aufzählungszeichen*

Die Devices können nur in einem definierten Zeitfenster nach einem Uplink Werte empfangen. In diesem Receive- (Rx) Zeitfenster (1 sec.), muss der LoRa Transceiver aktiv bleiben und verbraucht hierbei Energie.

- Class B:

End Nodes der Klasse B umgehen das Problem des notwendigen Uplinks indem hier das Gateway ein periodisches Referenzsignal (alle 128 Sek.), einen sogenannten Beacon (BCN) ausstrahlt und das End Node (also der Sensor) darauf hin Empfangsfenster (Ping Slots, PNG) öffnet. Damit wird die Latenzzeit um ein vielfaches verbessert, der Energieverbrauch steigt jedoch auch.

- Class C:

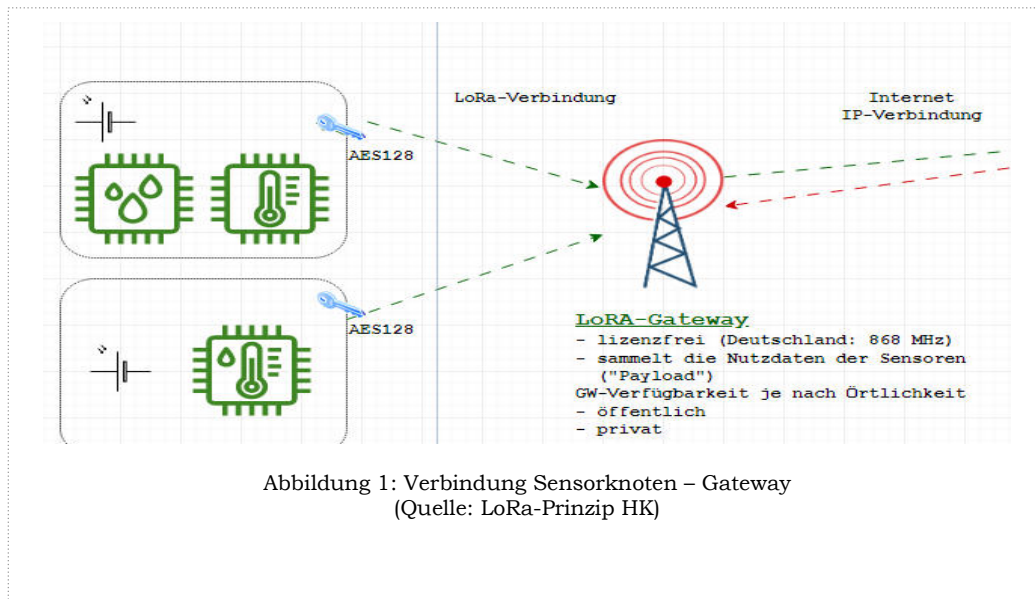
End Nodes der Klasse C sind ähnlich den Klasse B End Nodes aufgebaut, nur sind sie hier immer empfangsbereit (außerhalb der Übertragungszeit). Sie haben zwar die geringste Latenzzeit allerdings auch den höchsten Energieverbrauch.

Jeder Sensor besitzt eine eindeutige 64-Bit- *DevEUI Hardwareadresse* (ähnlich der MAC-Adresse eines Netzwerkinterfaces). Diese Adresse wird von vom Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) an die Hersteller vergeben und ist beim Registrieren des End-Devices notwendig [4].

3.4 LoRa-Gateway

Das Gateway dient zum Empfang der Daten des Sensorknotens ("Uplink"), seltener zum Rücksenden von Daten zum Sensor ("Downlink"). Die Daten werden vom Gateway über ein IP-basiertes Netz über Ethernet, Wi-Fi (Wireless Fidelity) oder LTE (Long Term Evolution) an den LoRaWAN-Netzwerkserver weitergeleitet. Daten, die über das Gateway fließen, sind mit 128 Bit verschlüsselt und können von diesem nicht gelesen werden. Abbildung 1 zeigt das Grundprinzip der Verbindung von Endgerät und Gateway.

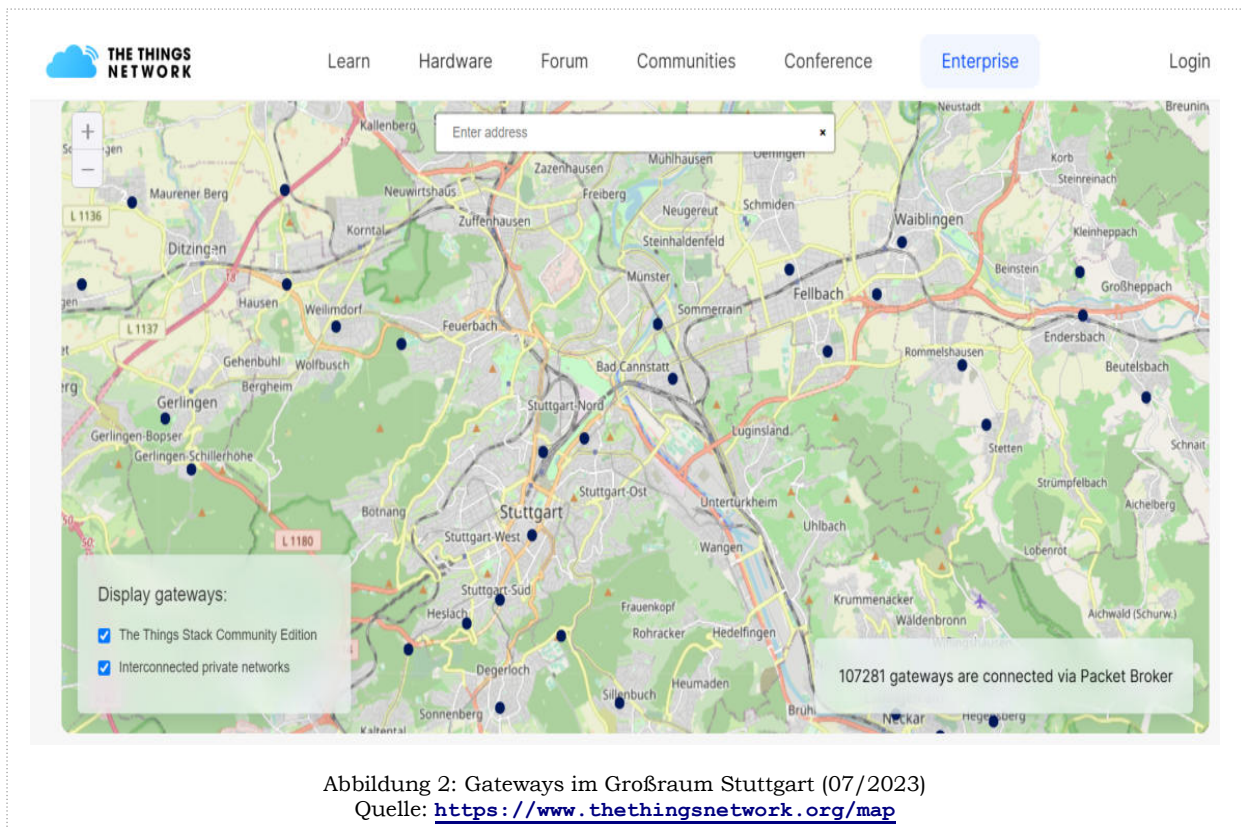
*dynamischer Quer-
verweis auf die Ab-
bildungs-Beschriftung*



ACHTUNG: Fehlerquelle: Bild steht alleine auf der Seite, Textbezug ist auf der Seite davor

3.5 The Things Network (TTN)

TTN hat sich die Aufgabe gestellt, ein offenes, globales und crowdbasiertes IoT-Datennetzwerk aufzubauen, das seinen Nutzern gehört und von ihnen betrieben wird. Die Stadt Amsterdam konnte Mitte 2015 mit der damals neuartigen Technologie LoRaWAN als drahtloses Netzwerk abzudecken [5]. In Abbildung 2 sind die genauen Standorte von registrierten Gateways im Großraum Stuttgart ersichtlich.



unterhalb
Angabe

Detailliertere Daten zu ungefährem Abstrahlbereich und Eigenschaften eines Gateways zeigt die Karte der TTN-Community (Quelle: <https://www.thethingsnetwork.org/community/region-stuttgart/>). Konfigurationsdaten können beim Anklicken des Geräts angezeigt werden.

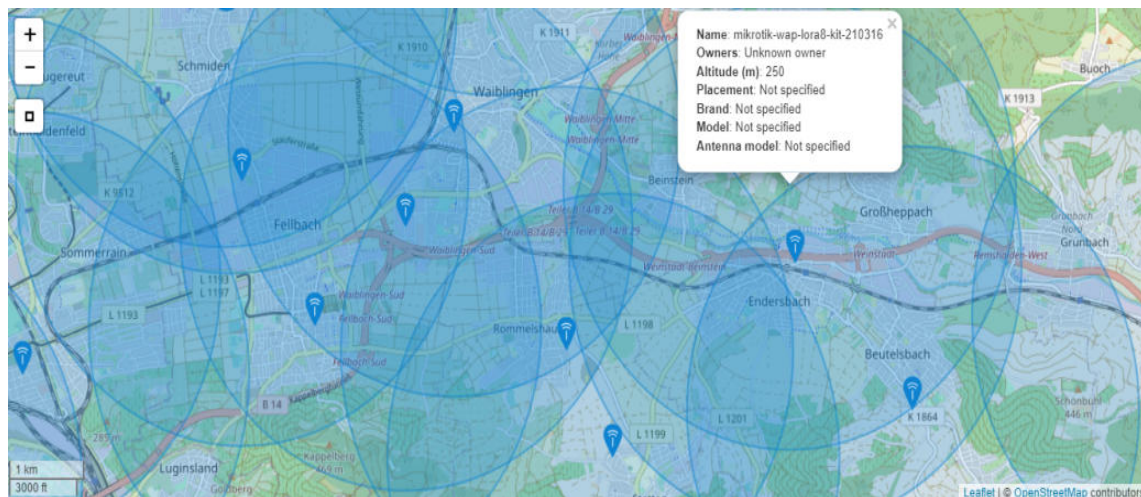


Abbildung 3: Detaillierte Daten von Gateways

FEHLER:
eine neue
Seite darf
nicht mit
einer Gra-
fik begin-

FEHLER:
Auf diese
Abbildung
wurde
nicht im
FließText
mit einem
Querver-
weis hin-
gewiesen!

3.5.1 Privates Gateway bei TTN

Wird ein privates Gateway bei *The Things Network (TTN)* registriert, stellt eine eindeutige *EUI Hardwareadresse* die korrekte Zuordnung sicher. Abbildung 4 zeigt ein privates Gateway, das bereits bei TTN angemeldet ist. Die Vorgehensweise bei der Anmeldung am TTN wird im Abschnitt 4 näher beschrieben.

Die Grafik erhält ei-
nen Rahmen, der
Bild und Beschrif-
tung zusammenhält
(Libre-Office: Rah-
menvorlage!)

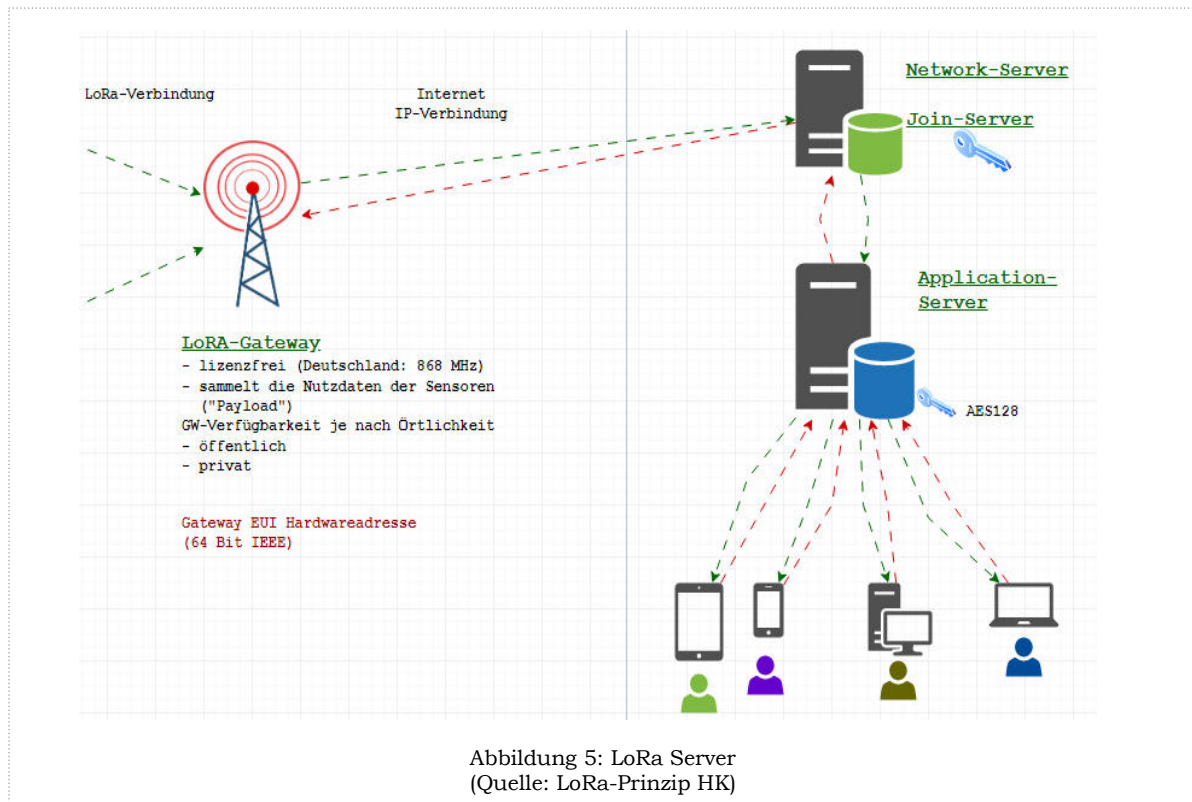
Abbildung 4: LoRA Gateway montiert
(Bildquelle: HK)

Damit ein möglichst flächendeckender Zugang zum TTN-Netzwerkserver möglich ist, müssen Gateways in großen Gebietsbereichen verteilt betrieben werden.

3.6 TTN-Network-Server, Join-Server und Application-Server

Beim TTN werden die vom End-Device gesendeten Daten über ein Gateway und die Internetverbindung zum Network-Server geleitet. Im Network-Server übernimmt der Join-Server den Authentifizierungsprozess der Endgeräte, indem er für den jeweiligen Knoten (End-Device) Authentifizierungsschlüssel generiert und zur

Verfügung stellt. Er ist als zentraler Server für die Verwaltung der Media-Access-Control-Schicht (MAC-Schicht) verantwortlich. Den Nachrichteninhalt leitet er an den Application-Server weiter, der diese dann für lokal oder ferne Anwendungen abrufbar macht (siehe Abbildung 5).



3.7 Nachrichtenübermittlung im LoRaWAN

Die Größe des Nachrichteninhalts (Payload) ist für Europa und USA unterschiedlich.

- Europa: Das LoRa-IC begrenzt die Größe auf 255 Byte, abzüglich des Protokoll-Headers (13 Byte) ergibt sich als theoretische Payload 242 Byte. Das LoRaWAN-Protokoll begrenzt jedoch aus verschiedenen Gründen die Nutzlast auf **maximal 51 Byte**.
- USA: Hier gelten andere Festlegungen, die dazu führen, dass globale Produkte auf 11 Byte Payload begrenzt sind.

Der Sonderfall eines Downlinks, also der Übertragung der Daten vom TTN zum End-Device hin erfordert folgende Vorgehensweise:

- Payload in der TTN-Applikation eintragen
- Ereignis in Warteschlange eintragen ("Schedule Downlink")

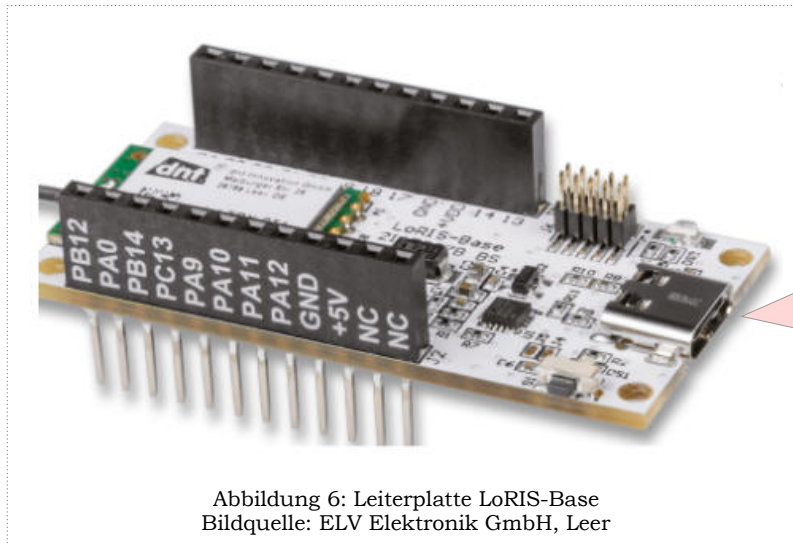
3.8 IoT-System LoRIS

*FEHLER: Überschrift steht alleine unten an der Seite
→ Formatvorlage Absatz -- - Textfluss mit folgendem Absatz zusammenhalten!*

In den folgenden Teilabschnitten wird die zur Messung und LoRa-WAN-Datenübertragung verwendete Hardware beschrieben. Konkret handelt es sich um eine LoRaWAN-Experimentierplattform mit der Bezeichnung LoRIS⁴.

3.8.1 LoRIS-Base

Die Leiterplatte stellt die Grund-Funktionalität für verschiedene Testschaltungen zur Verfügung, die das Ziel haben, die Funktechnologie LoRa/LoRaWAN kennenzulernen und auch in Projekten einzusetzen. In Abbildung 6 ist die Bauteileseite der Platine mit Aufsteckmöglichkeit weiterer Module erkennbar [3].



ACHTUNG: bei Produktfotos (auch selbst gemachte) unbedingt die Urheberrechte beachten.

Abbildung 6: Leiterplatte LoRIS-Base
Bildquelle: ELV Elektronik GmbH, Leer

Die Experimentiermodule werden mit fertiger Firmware ausgerüstet, so dass der Aufbau und die Inbetriebnahme von Testschaltungen auch ohne Programmierung möglich ist. Der Focus liegt zunächst auf dem Kennenlernen der LoRa-WAN-Technologie. Auf der Grundplatine sind folgende Funktionsmodule verbaut:

- USB-C-Anschluss
- Alternative Spannungsversorgung:
Über die Buchsenleiste J1_15 / +VDD und J1_16 / GND)
- USB-UART-Converter
- Debug-Adapter:
Programmierung des Controllers mit eigener Firmware. Hierzu ist ein Programmierer (z.B. *ST-LINK/V2*) und eine Entwicklungsumgebung (z.B. *STM32CubeIDE*) erforderlich.
- Signal-LED:
Anzeige der Betriebszustände

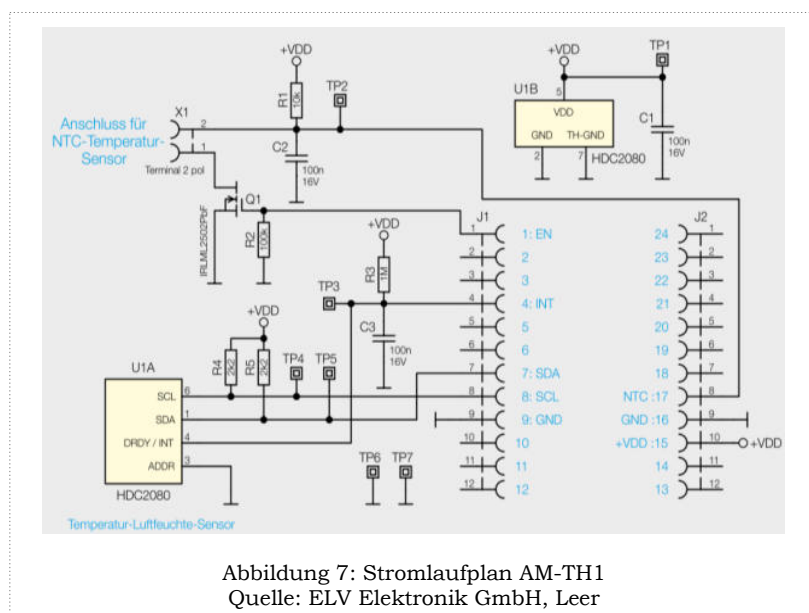
⁴ LoRIS wird von ELV Elektronik AG, Leer vertrieben

- User-Taste:
Auslösung des Join-Vorgangs, Umschalten in den Programmiermodus per USB)
- Funkmodul *dnt-TRX-ST1*:
LoRaWAN-Funktionalität
Applikation im FlashSpeicher
- Antenne
- Programmieradapter 10 polig:
Zur Anschaltung eines Programmers für eigene Firmware
- Pin-Buchsenleisten
Kontaktierung weiterer Module oder Bauteile

3.8.2 Temperatur- und Luftfeuchtemodul

Das Applikationsmodul LoRIS-AM-TH1 (siehe Fehler: Verweis nicht gefunden, [3]) können zwei Temperaturen und die relative Luftfeuchtigkeit gemessen werden. Durch den Anschluss des externen NTC- (negative temperature coefficient-) Fühlers kann die Messstelle außerhalb des Schaltungsaufbaus liegen.

Der digitale Mess-Chip von Texas Instrument HDC2080 bildet den Kern der Leiterplatte (siehe Abbildung 7 [3]). Die Datenkommunikation zwischen Chip und LoRIS-Base erfolgt über eine I²C-Schnittstelle. Der MOS-FET Q1 wird nur während des Messvorgangs durchgeschaltet, so dass der Energieverbrauch erheblich reduziert wird.



Der Temperatur-Luftfeuchte-Sensor **HDC2080** ist ein präziser und energiesparender Messsensor mit der typischen Genauigkeit für Temperatur $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ und für Feuchte $\pm 2\text{ }%$. Im Sleep-Modus fließen maximal 100 nA. Wird eine Messung

pro Sekunde durchgeführt, liegt der durchschnittliche Stromverbrauch bei 550 nA [3].

ACHTUNG: Unschönes Layout (fast leere Seite)

Vor Abgabe sollte das Dokument von vorne nach hinten auf Layoutfehler untersucht werden!°

Manchmal müssen Kompromisse gemacht werden...

3.9 Das Entwicklungstool Node-RED

LAYOUT-Fehler: Hier wurde ein leerer Absatz eingefügt, das führt zu uneinheitlichen Abständen. Absatzabstände sind zentral in der Absatz-Formatvorlage einzustellen!!

Node-RED ist ein von IBM entwickeltes grafisches Entwicklungswerkzeug. Die Software ermöglicht es, Anwendungsfälle im Bereich des Internets der Dinge mit einem einfachen Baukastenprinzip umzusetzen. Die einzelnen Funktionsbausteine werden durch Ziehen von Verbindungen verbunden. Eine große Auswahl an mitgelieferten Bausteinen deckt die meisten der gängigsten Dienste und Technologien ab. Node-RED stellt einen Flow-Editor im Webbrowser bereit, mit dem JavaScript-Funktionen erstellt werden können. Anwendungselemente können zur Wiederverwendung gespeichert oder geteilt werden. Die Laufzeitumgebung wurde auf Node.js gebaut und die in Node-RED erstellten Flows werden in JSON gespeichert.

Im Jahr 2016 hat IBM Node-RED als Open-Source-Software der JS-Foundation übertragen. Das System kann z.B. auf einem Minicomputer Raspberry Pi installiert werden.

4 Projektdurchführung

Zur Einarbeitung in das Thema der Messdatenerfassung mit LoRaWAN und dem LoRIS-System soll ein Versuchsaufbau im Labor eingerichtet werden. Hierdurch werden mögliche Fehlerquellen wie z.B. instabile Spannungsversorgung, schlechter Funkempfang o.ä. weitgehend ausgeschlossen. Zur Sicherstellung eines optimalen Funkempfangs wird ein privates Gateway verwendet, das an einer beliebigen 230 V-Steckdose betrieben wird (siehe auch Abbildung 4 auf Seite 8).

Die folgenden Abschnitte gliedern die Vorgehensweise weitgehend in technologischer Reihenfolge.

Dynamische Querverweise auf eine Abbildung und Seitenzahl, die sich weit vorne im Dokument befindet. Solche Verweise nie „von Hand“ machen!!

4.1 LoRa-Gateway registrieren

Zunächst muss das Gateway für die Verbindung in Richtung TTN-Netzwerk-Server eingerichtet werden. Hierzu öffnet das verwendete Modell **TBMH100** einen Wi-Fi-Accesspoint, der als Verbindung zum Konfigurations-PC verwendet wird. Im Gateway werden Zugangsdaten zum örtlichen WLAN eingetragen, nach einem Reboot ist diese Verbindung aktiv.

Im zweiten Schritt erfolgt die Anmeldung des Gateways im TTN-Portal. Hierzu ist die Geräte **GatewayEUI** erforderlich. Diese ist von der IEEE vergeben und vom Hersteller in der Hardware fest konfiguriert. Auf dem Gerät ist die EUI in der Regel aufgedruckt. Im Anhang Seite 24 ist in Abbildung 16 das Typenschild des **TBMH100** dargestellt. Nach persönlicher Anmeldung am TTN-Portal wird dort das Gateway registriert. Umfangreiche Dokumentationen auf der Website von TTN (<https://www.thethingsindustries.com/docs/gateways/concepts/adding-gateways/>) zeigen die einzelnen Schritte in allgemeiner Form. Das Gateway versucht, die Verbindung zum TTN aufzunehmen und wird dort durch die **GatewayEUI** eindeutig identifiziert.

Die Verbindung mit dem Haus-WLAN und die Registrierung bei TTN erfolgte problemlos und nach einiger Zeit wurde das Gateway auf der Onlinekarte des TTN Stuttgart aktiv angezeigt. Mögliche Fehlerquelle ist die korrekte Eingabe der GatewayEUI, weil nach den ersten sechs Hex-Zeichen 16 Bit (**FF FE**) in die EUI eingefügt werden müssen.

General information

Gateway ID: eui-58a1fffe80

Gateway EUI: 58a1fffe80

Abbildung 8: Gatewayregistrierung

4.2 LoRa-End-Device registrieren

Jedes LoRa-Device besitzt eine eindeutige **Geräte-ID**. Diese muss bei der Registrierung im TTN eingetragen werden. Unter <https://www.thethingsindustries.com/docs/devices/adding-devices/> werden die einzelnen Schritte beschrieben. Ein Beispiel für ein LoRa-EndDevice ist das LoRIS-System der Firma ELV Elektronik .

4.3 Daten des End-Device anzeigen

Xxxxxx

4.3.1 TTN-Website

Nach dem Login im TTN-Portal werden unter Applications alle End-Devices angezeigt. Livedaten können verfolgt werden.

Konkrete Sensordaten werden nach Anklicken des End-devices im Feld Payload dargestellt.



Abbildung 9: Sensordaten anzeigen

Die Auswertung der teilweise unübersichtlichen Payload-Daten kann durch einen Payload-Formater optimiert werden. Dieses JavaScript-Modul wird in der TTN-Console konfiguriert.

4.3.2 Anwendung mit NodeRed

Noch in Arbeit...

4.4 Zugriff auf den TTN-Applikationsserver

Das Abholen der Sensordaten kann einerseits durch direkten Login an der TTN-Console, andererseits durch Verwendung unterschiedlicher Schnittstellen mit verschiedenen Applikationen möglich. Hierbei spielt der MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) -Server als Datenbank für die Kommunikationspartner eine große Rolle. Dieser Server wird auch als MQTT-Broker bezeichnet. Im Finanzbereich übernimmt ein „Broker“ die Aufgabe, z.B. an der Börse im Auftrag von Anlegern Handelsobjekte zu vermitteln.

Der MQTT-Server erhält die von den kleinen, unperformanten End-Devices eingesammelten Daten und stellt sie anderen leistungsfähigeren Partnern zur Verfügung. MQTT hat daher eine hohe Verbreitung bei IoT-Automatisierungslösungen. In Abbildung 10 ist der prinzipielle Ablauf des Datenzugriffs dargestellt.

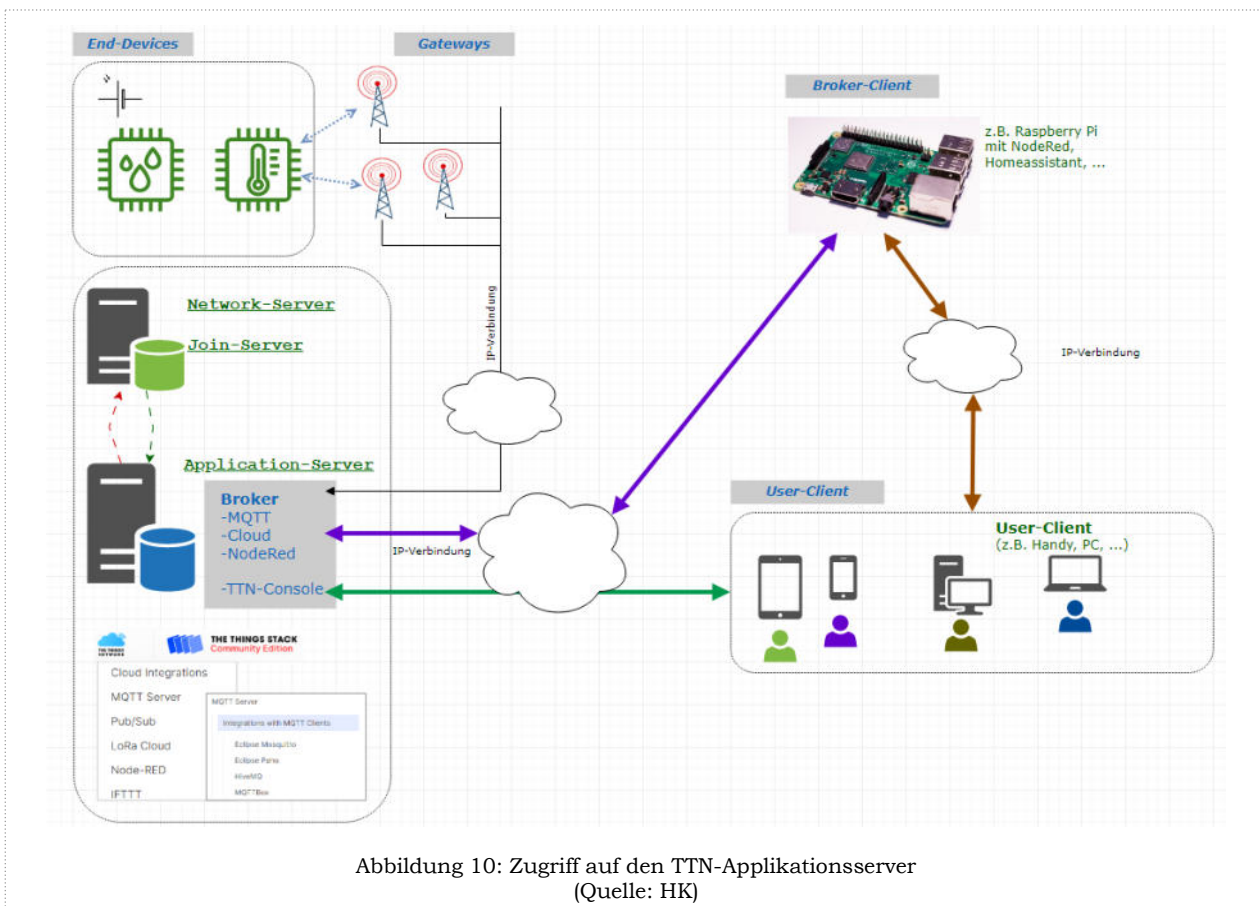
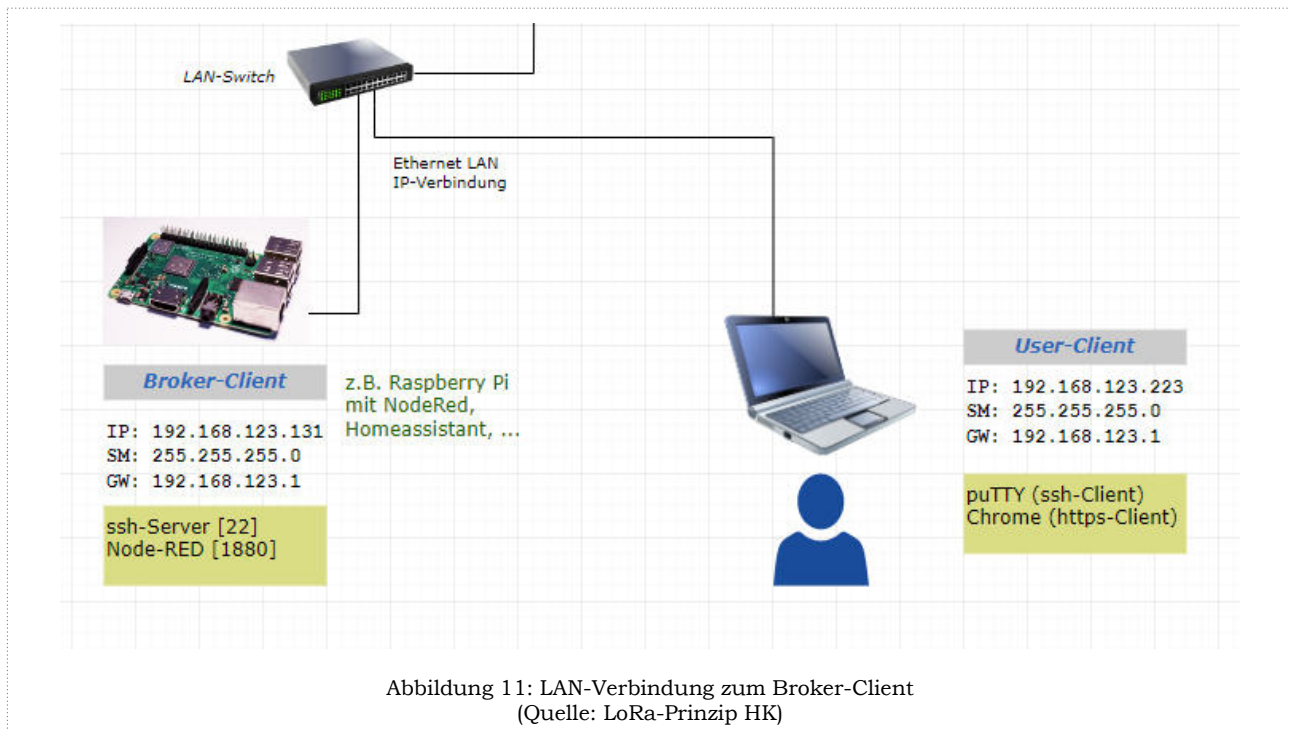


Abbildung 10: Zugriff auf den TTN-Applikationsserver
(Quelle: HK)

4.4.1 Installation von Node-RED auf dem dem Broker-Client

Der Zugriff auf den Broker des Application-Servers soll beispielhaft mit einem Node-RED-System auf Raspberry Pi4-Hardware („Broker-Client“) erfolgen. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Installationsschritte beschrieben. Vorausgesetzt wird ein im LAN über SSH erreichbarer Raspberry Pi4 ohne GUI (graphic user interface).

Die Erreichbarkeit des Raspberry Pi4 wird geprüft und die Remoteverbindung mit dem Tool PuTTY aufgebaut.



Node-RED-Setup

Im ersten Schritt erfolgt die Installation von Node-RED. Aufgrund negativer Erfahrungen mit der neuesten OS-Version „Bullseye“ in Verbindung mit gängigen Node-RED Installationsscripts wurde im Vorfeld das ältere „Buster“-Image auf die SD-Karte installiert.

Vor jeder weiteren Installation werden jeweils die Paketquellen aktualisiert.

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```

Voraussetzung für die Installation ist das Paket **curl**, das es ermöglicht, ohne Benutzereingriff Dateien von und zum Downloadserver übertragen zu können.

```
sudo apt install build-essential git curl
```

Nun wird mit Hilfe von **curl** das Node-RED-Paket heruntergeladen (eine Befehlszeile).

```
bash <(curl -sL https://raw.githubusercontent.com/node-red/linux-installers/master/deb/update-nodejs-and-nodered)
```

Die Installation benötigt längere Zeit, sie kann am Kommandobildschirm verfolgt werden:

```
Running Node-RED install for user penguin at /home/penguin on raspbian

This can take 20-30 minutes on the slower Pi versions - please wait.

Stop Node-RED                                ✓
Remove old version of Node-RED                ✓
Remove old version of Node.js                 ✓
Install Node.js 16 LTS                         ✓   v16.20.1   Npm 8.19.4
Clean npm cache                               ✓
Install Node-RED core                          ✓   3.0.2
Move global nodes to local                     -
Npm rebuild existing nodes                    ✓
Install extra Pi nodes                        ✓
Add shortcut commands                         ✓
Update systemd script                         ✓

Any errors will be logged to /var/log/nodered-install.log
All done.
You can now start Node-RED with the command node-red-start
or using the icon under Menu / Programming / Node-RED
Then point your browser to localhost:1880 or http://{your_pi_ip-address}:1880

Started : Fri 7 Jul 14:41:54 CEST 2023
Finished: Fri 7 Jul 14:43:29 CEST 2023

*****:
```

Node-RED wird per Kommandozeile gestartet und kann anschließend von einem entfernten Rechner aus aufgerufen werden.

node-red-start

Zugriff vom Browser

Nach Abschluss dieser Grundinstallation wird die Funktionalität durch Eingabe der URL und des Ports von einem Browser des Arbeitsrechners aus getestet.

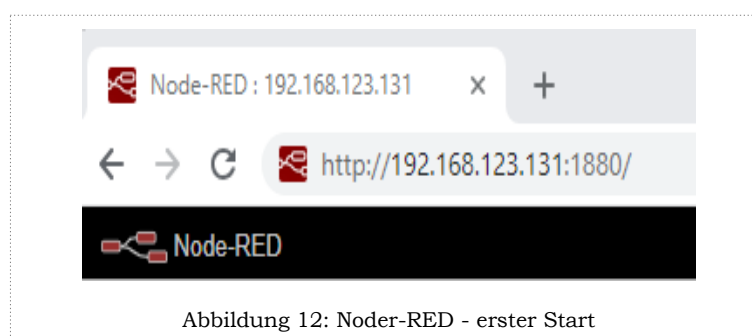


Abbildung 12: Noder-RED - erster Start

Damit ist das Grundsetup von Node-RED abgeschlossen. Es folgt die Absicherung des Systems.

Soll der Node-RED-Server auch beim Reboot des Systems sofort gestartet werden, ist folgende Kommandoingabe erforderlich:

```
sudo systemctl enable nodered.service
```

4.4.2 Node-RED Zugriff absichern

Nach der Grundinstallation ist der Node-RED Editor **unsicher konfiguriert**, jeder User kann über die IP-Adresse zugreifen und Änderungen durchführen. Dieses offene System ist nur für ein privates LAN sinnvoll nutzbar. Mit den folgenden Maßnahmen wird die Sicherheit schrittweise erhöht.

Benutzeranmeldung aktivieren

Zur Vorbereitung der Benutzeranmeldung wird ein Tool zur Erzeugung eines Hashcodes benötigt, damit das Passwort verschlüsselt abgelegt werden kann.

```
sudo node-red admin hash-pw
```

```
penguin@h-raspi4:/etc/ssh $ sudo node-red admin hash-pw
Password:
$2b$08$7MPJul9K.mf3smT8UdH5RefLOpP5HX9Cy_
```

Das Tool zeigt den Hashcode des eingegebenen Passworts an. Dieser Hashwert wird anschließend in die Konfigurationsdatei `/home/penguin/.node-red/settings.js` der Node-RED-Installation eingetragen. Der gehashte Wert muss im Bereich `adminAuth` der Settings-Datei stehen.



```
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
adminAuth:
{
  type: "credentials",
  users:
  [
    {
      username: "admin",
      password: "$2b$08$7MPJul9K.mf3smT8UdH5RefLOpP5HX9Cy_",
      permissions: "*"
    }
  ]
},
```

Nach dem Speichern wird der Dienst neu gestartet.

```
sudo systemctl restart nodered
```

Bei der nächsten Anmeldung an **Node-RED** wird der Benutzername und das Passwort abgefragt (siehe Abbildung 13).

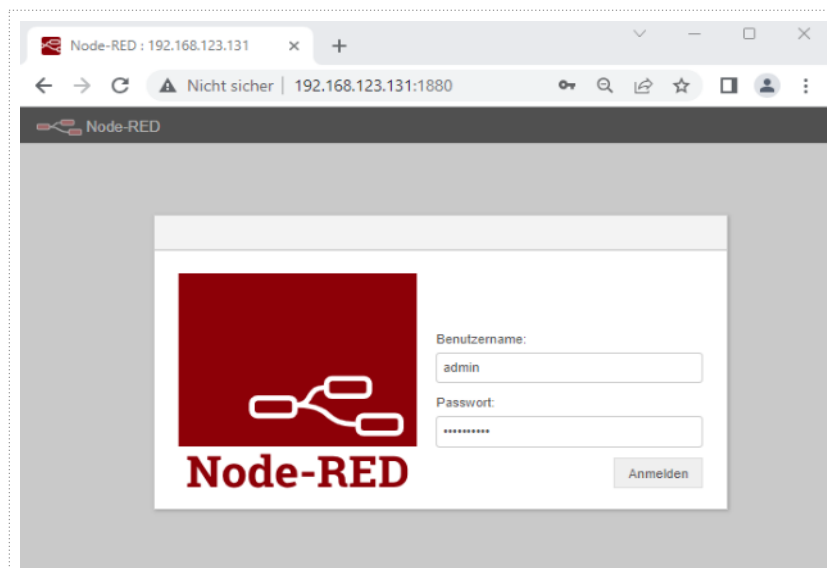


Abbildung 13: Node-RED Anmeldung

Im Bereich **adminAuth** der Settings-Datei ist es möglich, weitere User mit unterschiedlichen Rechten einzutragen.



Verbindung zu Node-RED verschlüsseln

Nach der Grundinstallation erfolgt die Anmeldung über eine http-Netzwerkverbindung. Die Daten gelangen unverschlüsselt über das Netz, dies wird im Browser als **nicht sicher** angezeigt.

Im folgenden Abschnitt wird die verschlüsselte Übertragung aktiviert und ein Sicherheits-Zertifikat für den Node-RED-Server erstellt.

Im ersten Schritt müssen Verzeichnisse für die Schlüsseldateien angelegt werden.

```
mkdir /home/penguin/.node-red/cert
cd /home/penguin/.node-red/cert
```

Nun wird eine Schlüsseldatei für den privaten Schlüssel (**key.pem**) und eine Zertifikatsanforderung (**csr.pem**) angelegt.

```
openssl req -newkey rsa:2048 -new -nod
```

Wiederholung „angelegt“ – besser: erstellt, generiert, ...

```
penguin@h-raspi4:~/node-red/cert $ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 penguin penguin 1094 Jul  7 20:37 csr.pem
-rw----- 1 penguin penguin 1708 Jul  7 20:36 key.pem
```

Beide Dateien befinden sich im **cert**-Verzeichnis.

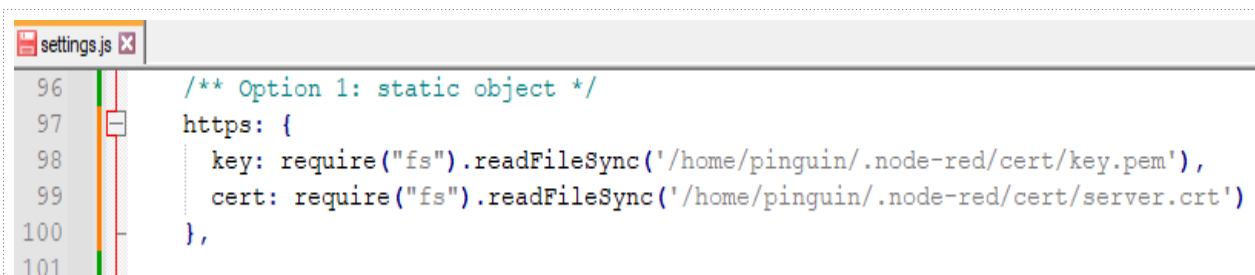
Das benötigte Zertifikat wird anschließend mit dem selbst erstellten Schlüssel erzeugt.

```
openssl x509 -req -days 3650 -in csr.pem -signkey key.pem -out serv-er.crt
```

Ergebnis ist eine neue Datei, das Serverzertifikat **server.crt**.

```
penguin@h-raspi4:~/node-red/cert $ ls -l
total 12
-rw-r--r-- 1 penguin penguin 1094 Jul  7 20:37 csr.pem
-rw----- 1 penguin penguin 1708 Jul  7 20:36 key.pem
-rw-r--r-- 1 penguin penguin 1326 Jul  7 20:42 server.crt
```

Als Abschluss erfolgt die Umstellung der **settings.js** des Node-RED-Servers auf **https** mit Angabe des im vorigen Schritt erstellten Zertifikats.



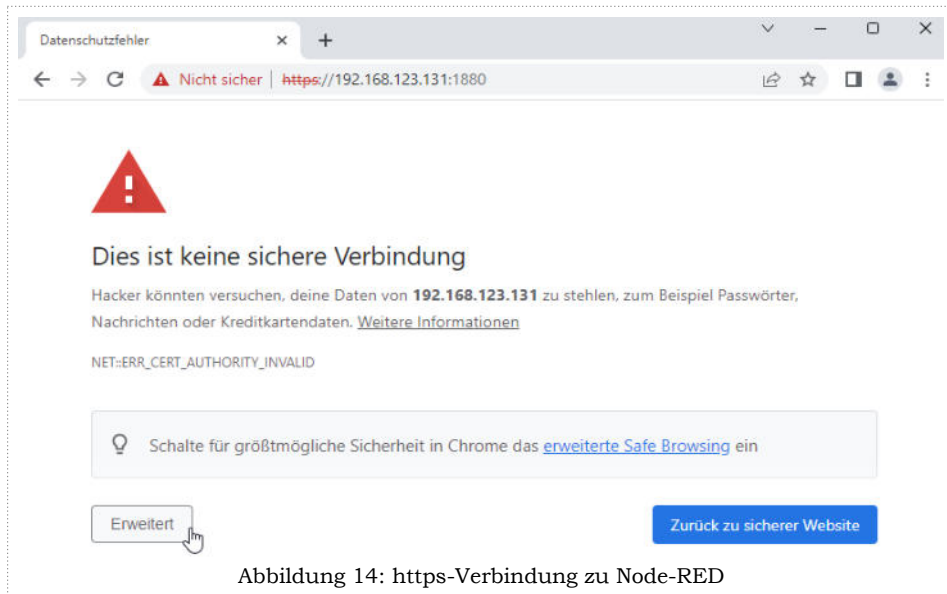
```
96  /** Option 1: static object */
97  https: {
98    key: require("fs").readFileSync('/home/penguin/.node-red/cert/key.pem'),
99    cert: require("fs").readFileSync('/home/penguin/.node-red/cert/server.crt')
100  },
101
```

Nun wird der Node-RED-Dienst neu gestartet.

```
sudo systemctl restart nodered
```

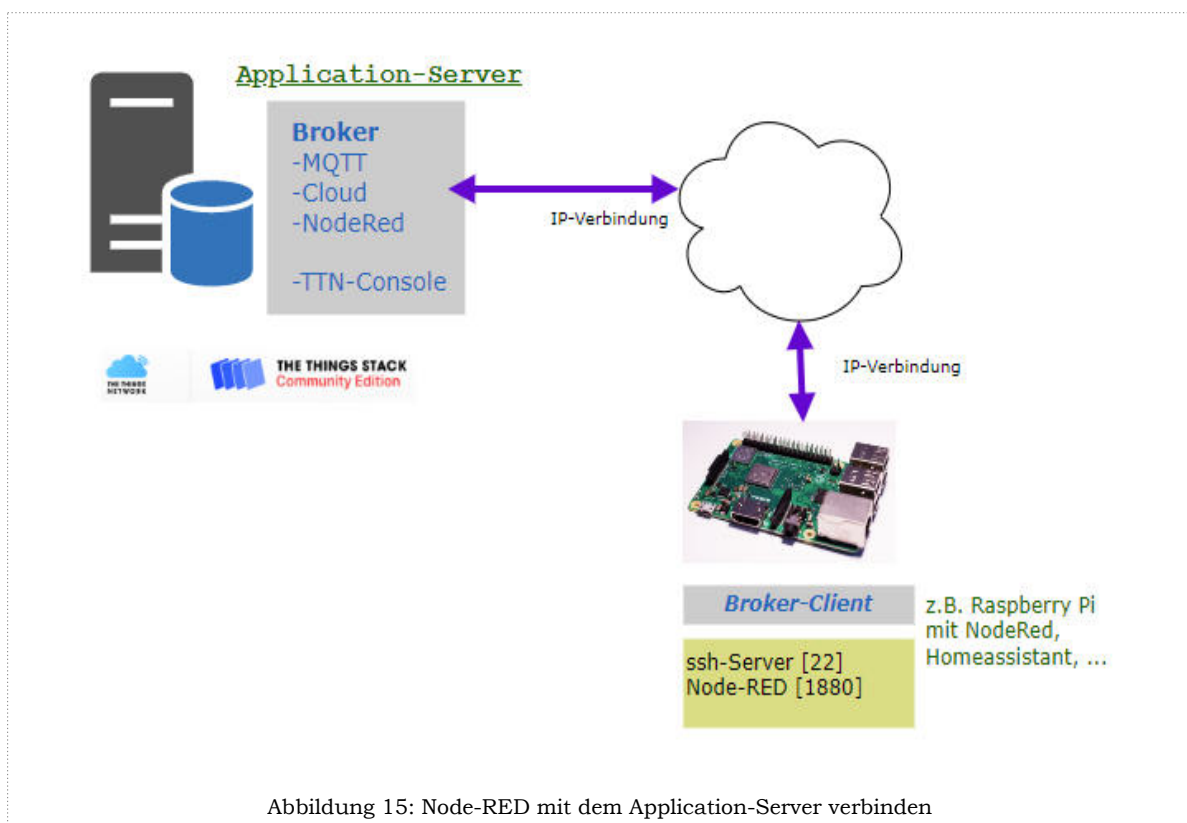
https-Verbindung testen

Beim Zugriff auf den Node-RED-Server erscheint in der URL-Zeile des Browsers wie in Abbildung 14 dargestellt eine Warnmeldung, weil das Zertifikat selbst erstellt wurde. Die Verbindung ist trotz dieser Warnung verschlüsselt.



4.4.3 Node-RED mit dem TTN-Server verbinden

Die gesammelten Sensordaten des TTN-Application-Server müssen vom Node-RED-Server aufbereitet werden. In Abbildung 15 ist die IP-Verbindung ohne Router-Zwischenschritte dargestellt.



Literaturverzeichnis

- 1: , Temperaturmessung, 2023 <https://www.omega.de/prodinfo/einfuehrung-zum-thema-temperaturmesstechnik.html>
- 2: Prof. Heinz Redeker, Low Power - Long Range, 2021
- 3: Prof. Heinz Redeker, Stromsparendes IoT-System, 2021
- 4: Christian Anselmi, LoRaWAN Sensor Klassen A,B,C Leicht Verständlich, ,
- 5: , , , <https://www.thethingsnetwork.org/country/germany/>

Wenn der Anhang eine separate Kopf-/ und oder Fußzeile erhalten soll, muss hier ein Word-Abschnittswechsel (bzw. unter LibreOffice eine neue Seitenvorlage angefügt werden!

Anhang

Im Anhang befinden sich detaillierte Darstellungen der verwendeten Komponenten und detaillierte technische Beschreibungen.

Übersicht

A Geräteinfos.....	24
A.1 LoRa-Gateway.....	24
A.2 LoRISBase-Modul und Temperaturmodul.....	25
B Pläne.....	26
B.1 AAAAAAAAAA.....	26
B.2 BBBBBBBBBBBBBBBB.....	26

A Geräteinfos

Hier sind technische Informationen zu den im Projekt eingesetzten Geräte-Komponenten dargestellt.

A.1 LoRa-Gateway

LoRa-Gateway Typenschild TBMH100 mit aufgedruckter MAC-Adresse, Initial-Passwort und der Gateway EUI.

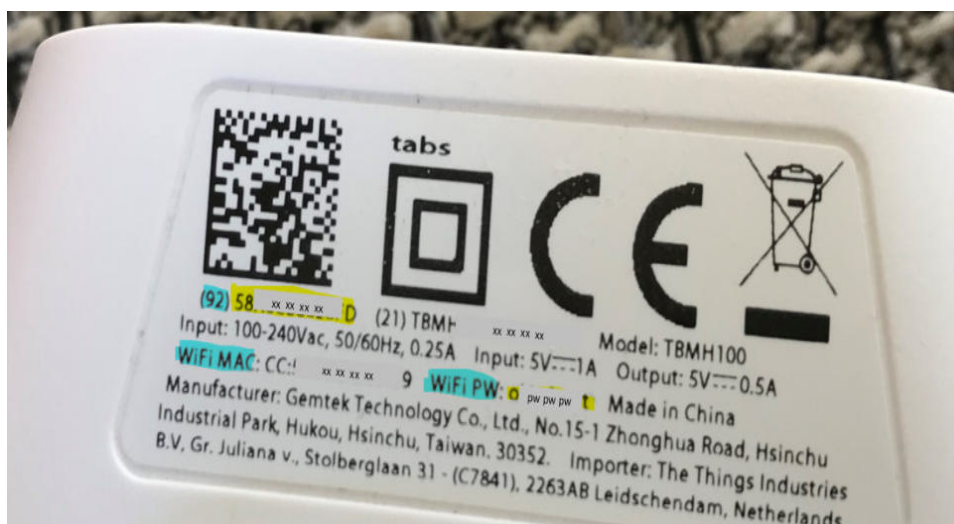


Abbildung 16: Gateway Identifikationsdaten

A.2 LoRISBase-Modul und Temperaturmodul

Sensorplatine auf die Basisplatine aufgesteckt.

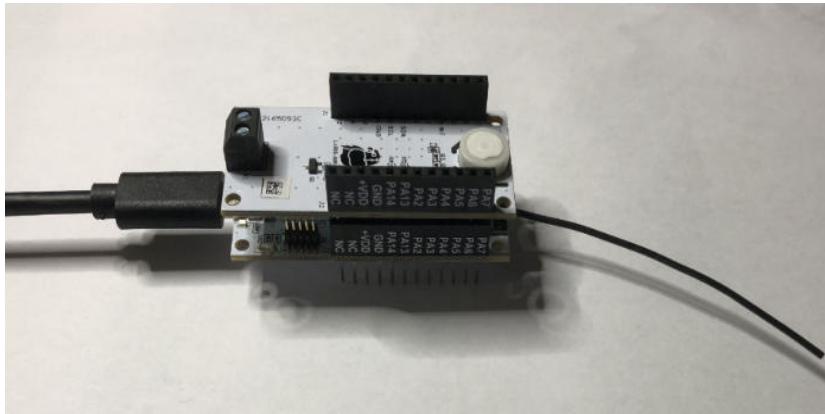


Abbildung 17: Basismodul mit Temperatur-Messmodul

B Pläne

Kurzer einleitender Text

B.1 Plan 1

Kurzer einleitender Text

B.2 Plan 2

Kurzer einleitender Text