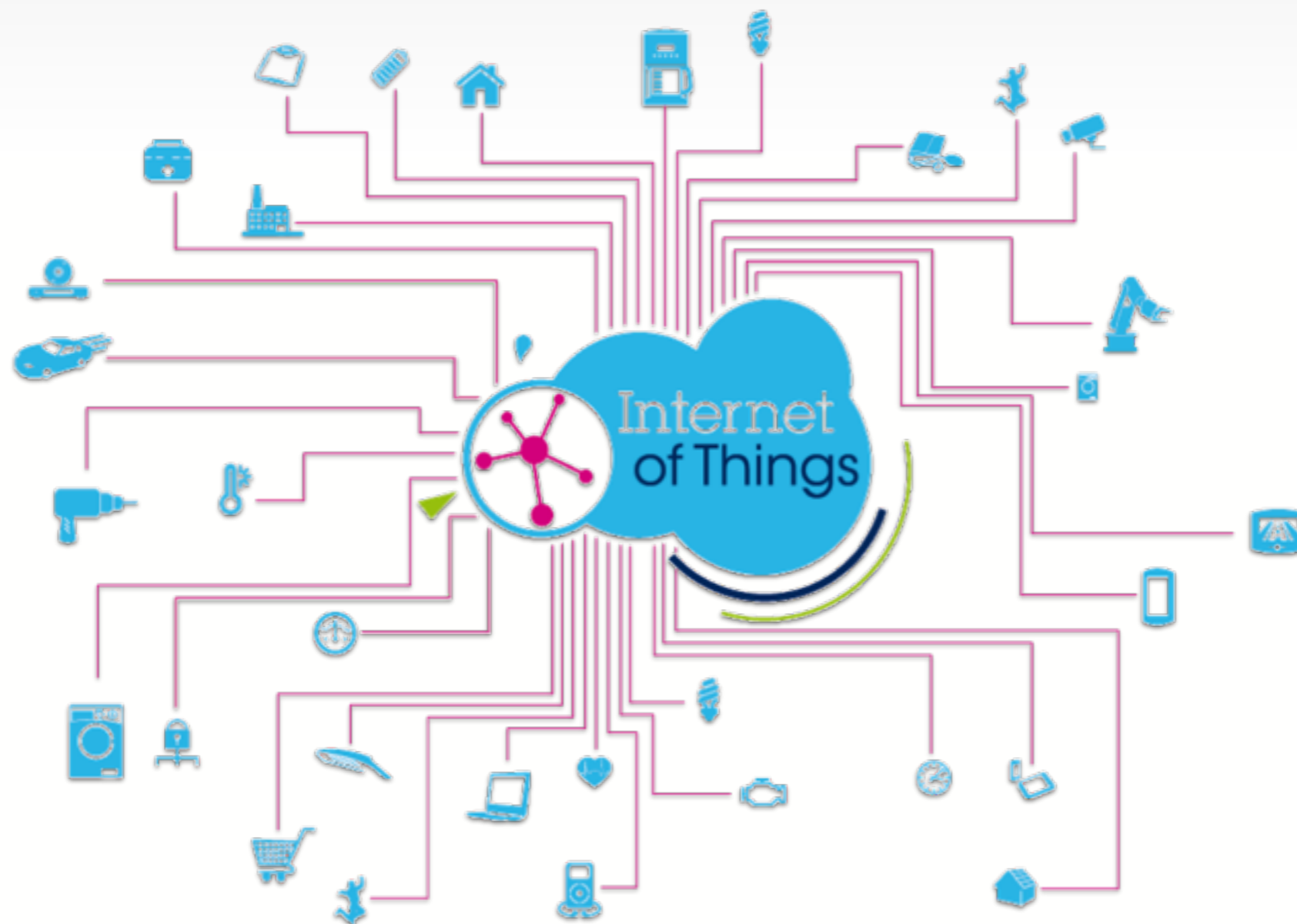




Lora und ähnliche Funktechniken
IoT-Konnektivität

Helmut Tschemernjak

Alles wird vernetzt



Funktechniken

Funkprotokoll	Datenrate	Reichweite	Strom mA	Frequenz	Kosten
WLAN	> 10 Mbit	ca. 20 m	80 mA	2,4 GHz	teuer
Bluetooth LE	1 Mbit	ca. 10 m	15 mA	2,4 GHz	teuer
Bluetooth LR	0,100 Mbit	ca. 100 m	30 mA	2,4 GHz	sehr teuer
Zigbee	0,250 Mbit	ca. 30-65 m	15 mA	2,4 GHz (und 868 MHz)	teuer
Z-Wave	0,040 Mbit	ca. 30 m	36 mA	868 MHz	teuer
EQ-3, QIVICON Proprietäre Protokolle	0,500 Mbit (1-500 kbit)	ca. 30 m	20 mA	868 MHz	billig
DECT ULE	1 Mbit	ca. 50-100 m	40 mA	1,9 GHz (Reserviert für DECT)	teuer (wenige Anbieter)
LoRa Long Range	< 1 kbit	max. 10 km	20 mA Übertragungsdauer!	868 MHz (und 433 MHz)	teuer (benötigt Router)
2G/3G	> 10 kbit	max. 35 km	2000 mA	900 MHz (und 1800 MHz)	teuer (SIM Karte)
6LoWPAN IPv6 mesh network	-	-	-	2,4 GHz (und 868 MHz)	teuer (benötigt Router)

Auswertung

- **2,4 GHz Funk**
kleine Reichweite
- **2G/3G**
Telekom SIM Karten erforderlich
- **433 MHz**
nicht reguliert, ziemlich „busy“
- **868 MHz**
auch Sub-GHz/ISM-Band genannt
sehr interessant

ISM-Band ist weltweit reguliert

Land	Frequenz	Sendeleistung
EU	868 MHz	14 dBm
USA	915 MHz	14 dBm
Japan	920 MHz	14 dBm
China	470 - 510 MHz	17 dBm

Funktechnik für Sensoren?

■ Reichweite

Mehrere Wände/Etagen müssen funktionieren

Außenbereich: externe Objekte, Tore, Boote, PKWs, Garten, ...

Landwirtschaftliche Anwendungen über große Entfernungen

Überwachung von technischen Anlagen

■ Stromverbrauch

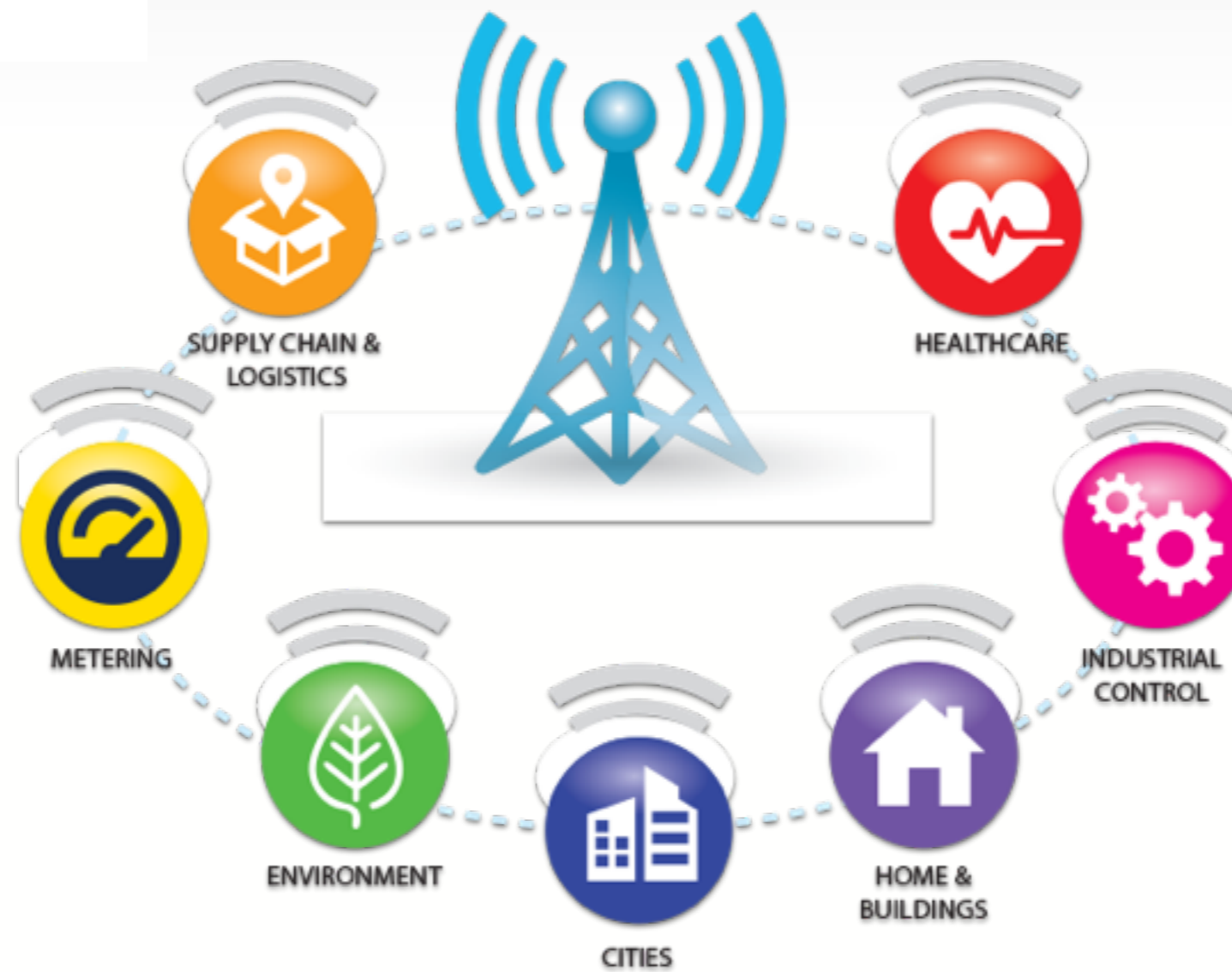
Batteriebetrieb über Jahre hinweg muss möglich sein

■ Kosten

Geringe Betriebskosten ohne Mobilfunkgebühren

Geringe Kosten pro Sensor bzw. für die Gesamtlösung

LoRa



LoRa-Technologie



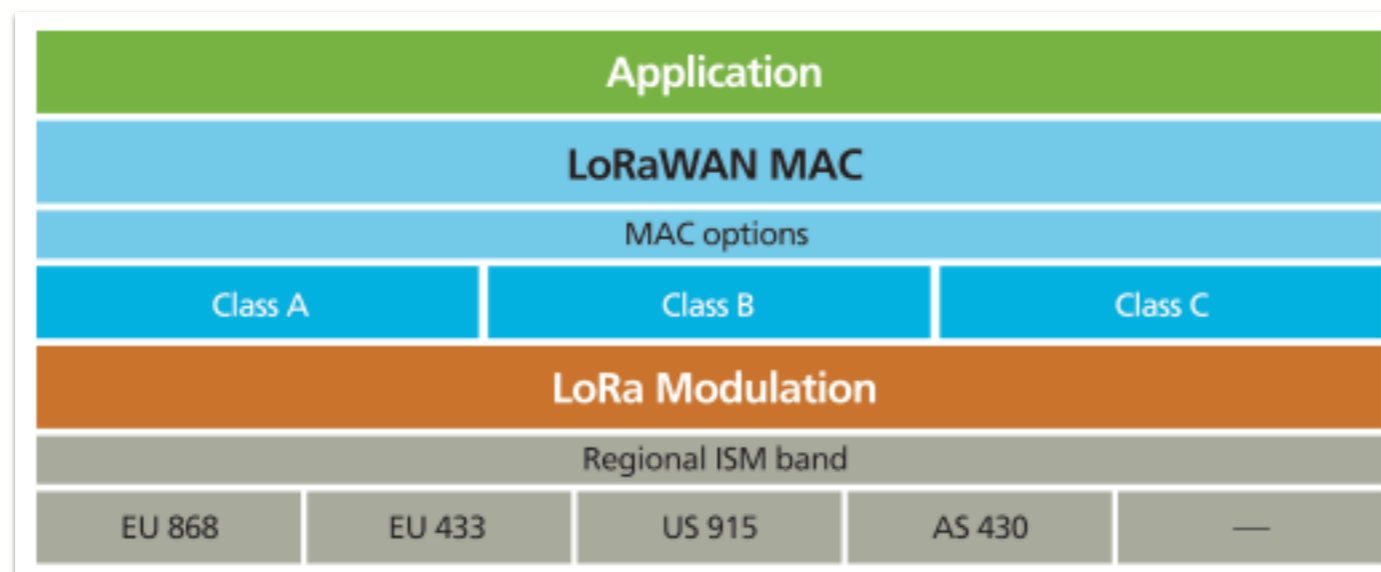
- **LoRa (Long Range)**

wenig Stromverbrauch

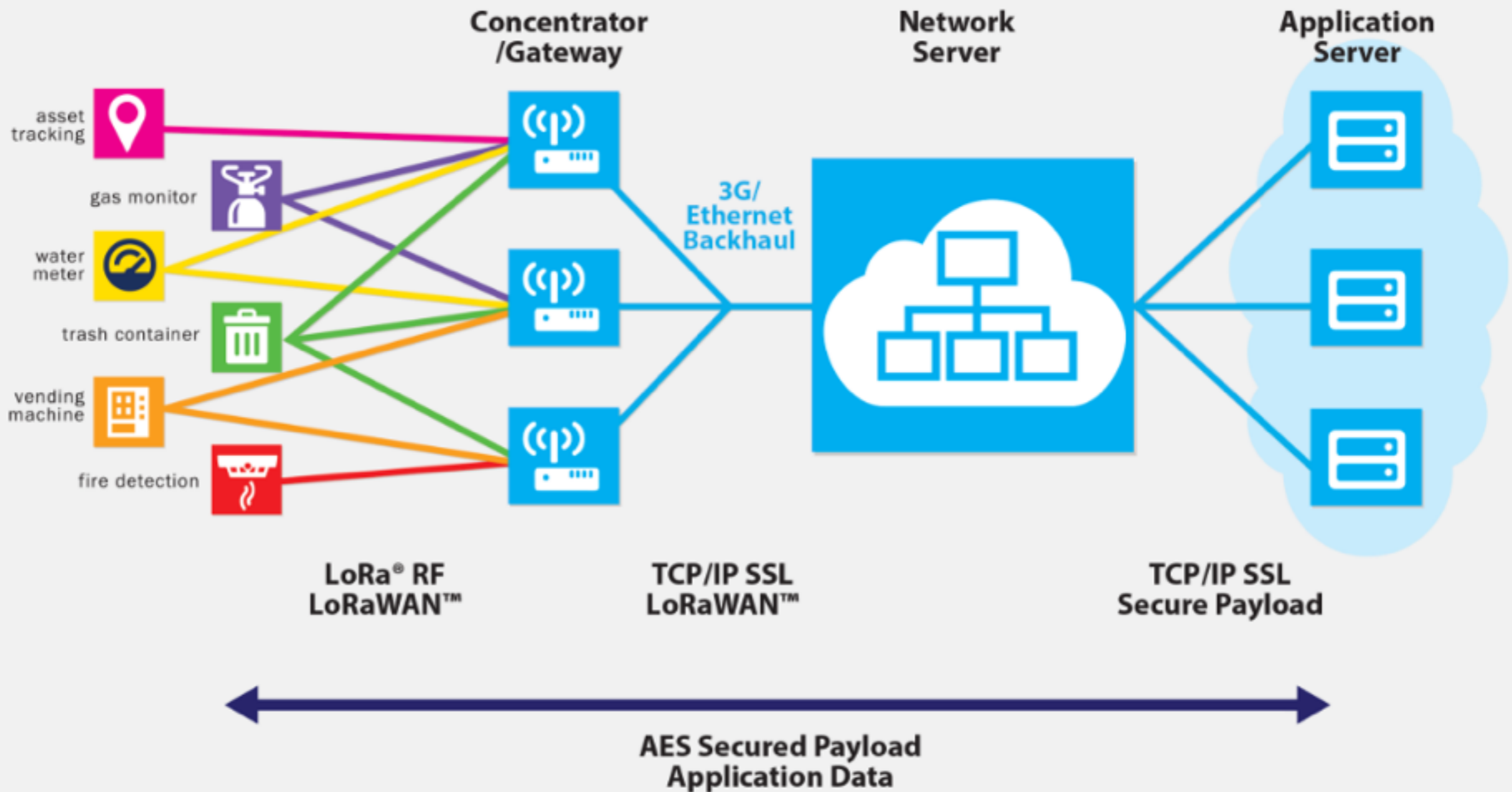
- **Semtech USA**

Hersteller der LoRa-Chips (Varianten für Client und Server)

- **LoRaWAN Protocol**



Network Diagram



Grundlagen

■ **Niedrigere Frequenzen**

Bessere Durchdringung bei gleicher Leistung

■ **Antenne**

Wellenlänge λ (griechisch: Lambda)

Bei 868 MHz reichen 8,5 cm Draht für eine Lambda/4 Antenne

Bei 433 MHz sind es 17 cm Draht für eine Lambda/4 Antenne

■ **Sendeleistung dBm (Dezibel Milliwatt)**

Leistungspegel sind in logarithmischer Form, um sowohl sehr große als auch sehr kleine Leistungsangaben einfach handhaben zu können

Grundlagen dB

■ Leistungspegel in dBm

$$L_p \text{ (dB)} = 10 \log_{10} (P1/P2)$$

P1 = betrachtete Größe

P2 = Bezugsgröße

dBm (Dezibel Milliwatt)

■ Spannungspegel in dBu

$$L_u \text{ (dB)} = 20 \log_{10} (P1/P2)$$

dBu (Dezibel Volt)

Leistung	dBm	Faktor
10 μ W	-20 dBm	0,01
100 μ W	-10 dBm	0,1
1 mW	0 dBm	-
10 mW	10 dBm	10
100 mW	20 dBm	100
1 kW	60 dBm	1.000.000

Hinweis:

dB's können auch einfach verrechnet werden:

Eingang 10 dB, Verstärker 6 dB, Kabeldämpfung -2 dB = 4 dB Gewinn.

Weitere Infos:

Wiki: <https://de.wikipedia.org/wiki/Leistungspegel>

EEVblog: <https://www.youtube.com/watch?v=mLMfUi2yVu8>

■ RSSI

Indikator für die Empfangsfeldstärke bei Funk
 Received Signal Strength Indication
 Beispiel RSSI (Entfernung vom Sender)

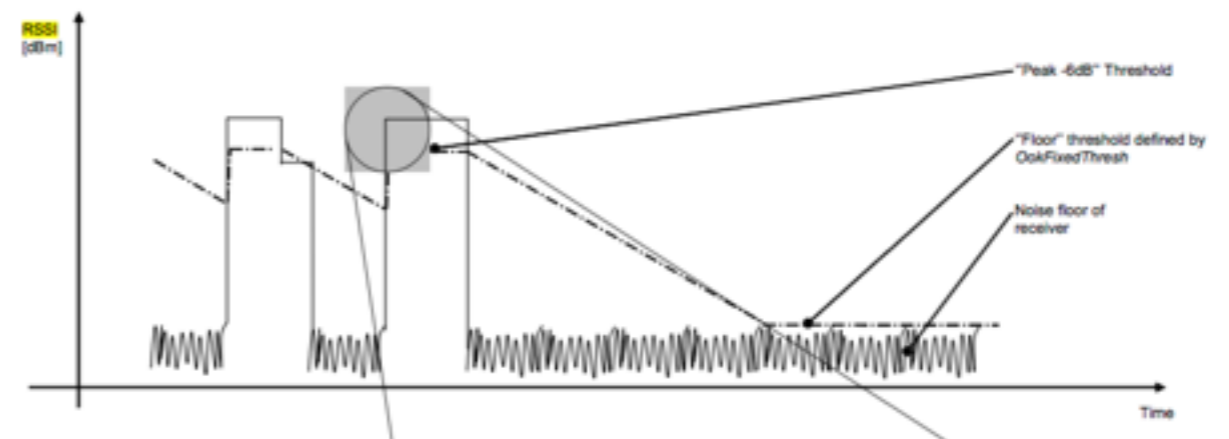
Entfernung	RSSI
zero	0
1 m	-25
50 m	-70
1000 m	-110

■ SNR

Signal-Rausch-Verhältnis

■ Preamble

Mustersignal (Header-Pattern)
 Leitet Datenpaket ein



Modulation von Signalen

■ Bekannte Modulationsverfahren

Beispiel: Texas Instruments Radio-Chip: CC1101
FSK, 2-FSK, 4-FSK, GFSK, MSK, OOK

viele Chip Anbieter

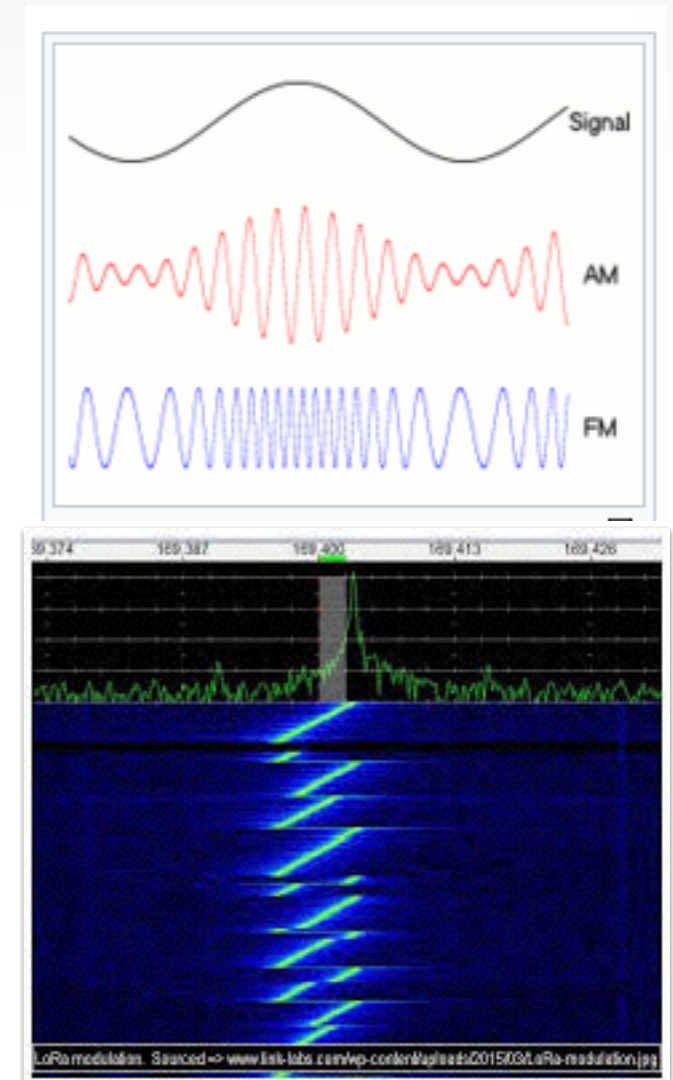
■ LoRa-Modulation

Spread Spectrum Modulation

Chirp Spread Spectrum (CSS)

Bekannt aus der Radartechnik

Chip Anbieter (nur Semtech!)



https://en.wikipedia.org/wiki/Chirp_spread_spectrum

■ Spreadingfaktor

Verteilung der Nutzdaten

SF7-SF12 (nur bei LoRa)

Wichtig für:

- Reichweite
- Stromverbrauch
- Anzahl der Pakete/Knoten

■ Bandbreite

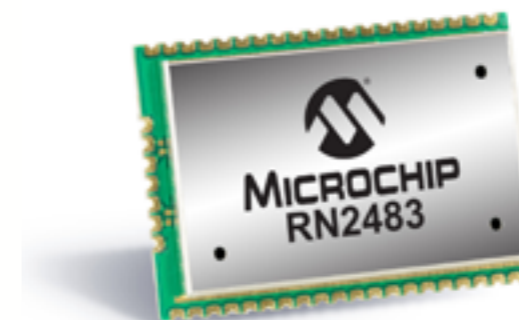
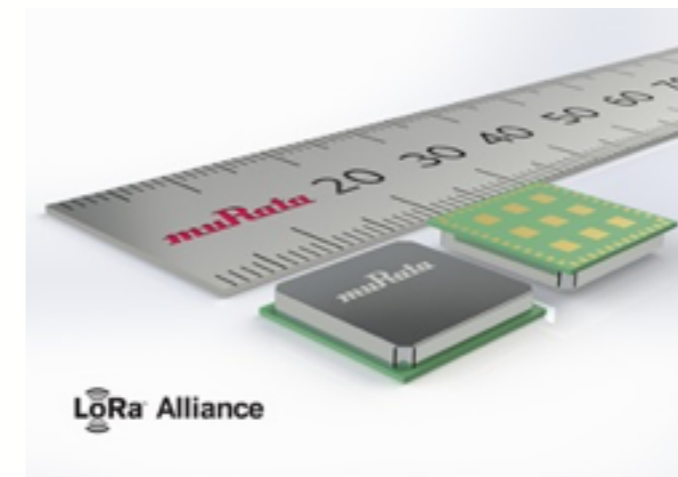
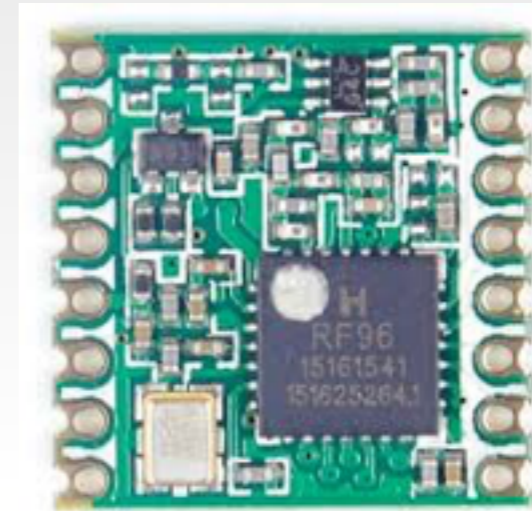
Standard LoRa 125 kHz

Zusätzlich 250 kHz, 500 kHz
(nicht LoRaWAN kompatibel)

Spreadingfaktor	Übertragungsdauer 64 bytes (bei Bandbreite 125 kHz)	Reichweite getestet
SF7	120 ms	100-500 m
SF8	220 ms	
SF9	390 ms	> 1 km
SF10	700 ms	
SF11	1320 ms	> 2 km
SF12	2470 ms	

LoRa-Funkmodule

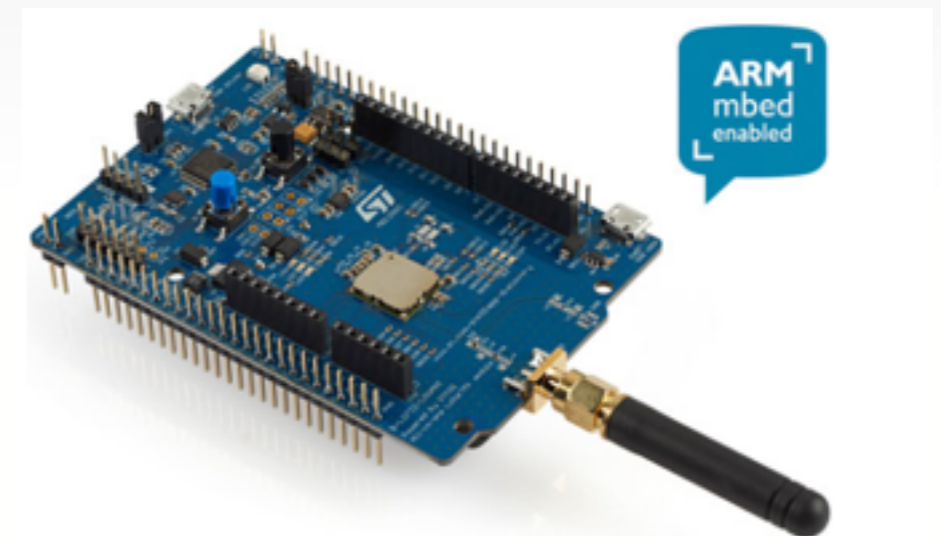
- **RFM95-Modul** (16x16 mm)
Semtech SX1276 basierend (868 MHz)
SPI Anschluss, DIO0-DIO5, 1,8-3,7 V
- **Murata-Modul** (12x12 mm)
Semtech SX1276 basierend (868 MHz)
STM32L0 MCU 192 kB Flash, 20 kB RAM
- **Microchip-Modul** (17x27 mm)
UART Interface (433/868 MHz)
LoRaWANTM Class A protocol



LoRa-Funkmodule

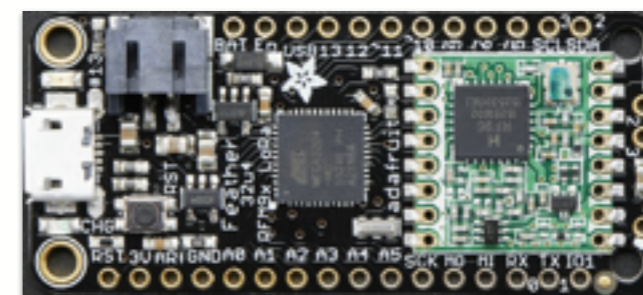
■ **STM32 B-L072Z-LRWAN1**

Enthält Murata LoRa-Modul
Inklusive ST-Link Interface
SMA-Antenne, u.FL-Option



■ **Adafruit Feather M0/LoRa**

Atmel D21
Drahtantenne (extern 8,2 cm)



LoRa-Concentrator

■ MultiTech

Schlüsselfertige Gateway-Lösung

LoRA-Modulkarte (868 MHz)

Ethernet und SMA-Antennenanschluss

■ IMST GmbH

Board mit SemTech SX1301 Chipsatz

Gateway mit Raspberry PI (Beispiel)

SPI-Interface, u.FL-Antennenanschluss



LoRa-Geräte kategorien

■ Knoten

Nur eine Frequenz zur Zeit 868.1 oder .2 oder .3 MHz

Nur ein Spreadingfaktor zur Zeit SF7 oder SF12

Nicht immer auf Empfang (bei Batteriebetrieb)

Protokoll LoRaWAN Class-A und Class-B (min. 60 kB Treiber)

■ Basisstation

Gleichzeitiger Empfang auf 8 Kanälen

Gleichzeitiger Empfang von SF7-SF12 (automatisch pro Paket)

Protokoll LoRaWAN Class-C

Softwaretreiber

■ RadioHead

Unterstützt RFM95/SX1276 LoRa Module

Einfacher Treiber, Arduino kompatibel in C++

Einfaches Senden / Empfangen von Paketen

■ Semtech SX1276 Treiber

Unterstützt SX1206 Reference Boards

Umfangreicher Treiber unter mbed (C++) oder auf GitHub (C version)

Einfaches Senden / Empfangen von Paketen

Anpassungen für Murata LoRa und RFM95-Module in Arbeit (von mir!)

Protokolltreiber

■ Semtech LoRa-Gateway

Open Source auf GitHub, erfordert einen Concentrator und Serversoftware

■ Alternative Entwicklung

Verwendung des Semtech SX1276 Chip Treibers

Funktion mit einfachen LoRa-Modulen als Knoten und Basis

Funktion mit dem LoRa-Concentrator als Basis (parallele Kanäle & SF's)

Optimiert für geringen Stromverbrauch, Funknetze (wenig Kollisionen)

Gesicherte Datenübertragung (Empfangsbestätigung, Verschlüsselung)

Unabhängig von LoRa (auch für 868 MHz, 2,4 GHz Funk geeignet)

Gemeinsame Projekte

■ **Funktechnik für den Hausgebrauch**

Eine coole Sache

■ **LoRa-Modul**

Wir stehen mit Modulen und Software nur Seite (Arduino, PI und mbed)

Eigene Protokolltreiber (unabhängig von LoRaWAN)

■ **LoRa-Server**

PI-basierend mit einfachem LoRa-Modul und/oder -Concentrator

■ **LoRa-Sensor**

Da gibt es viele Ideen und Möglichkeiten

Gemeinsame Projekte II

■ **Gemeinsam**

Das Unmögliche möglich machen

■ **Maker Faire Hannover**

Da wollen wir zeigen, was wir drauf haben



Vielen Dank!