

# LoRaWAN im Einsatz

Ein Citizen Science Project  
in Calw

Ralf Stoffels – Thomas Heß – 2025



*Calw*



# Klimaregulierung in der Innenstadt Calw



# Stadtgarten Sensorik

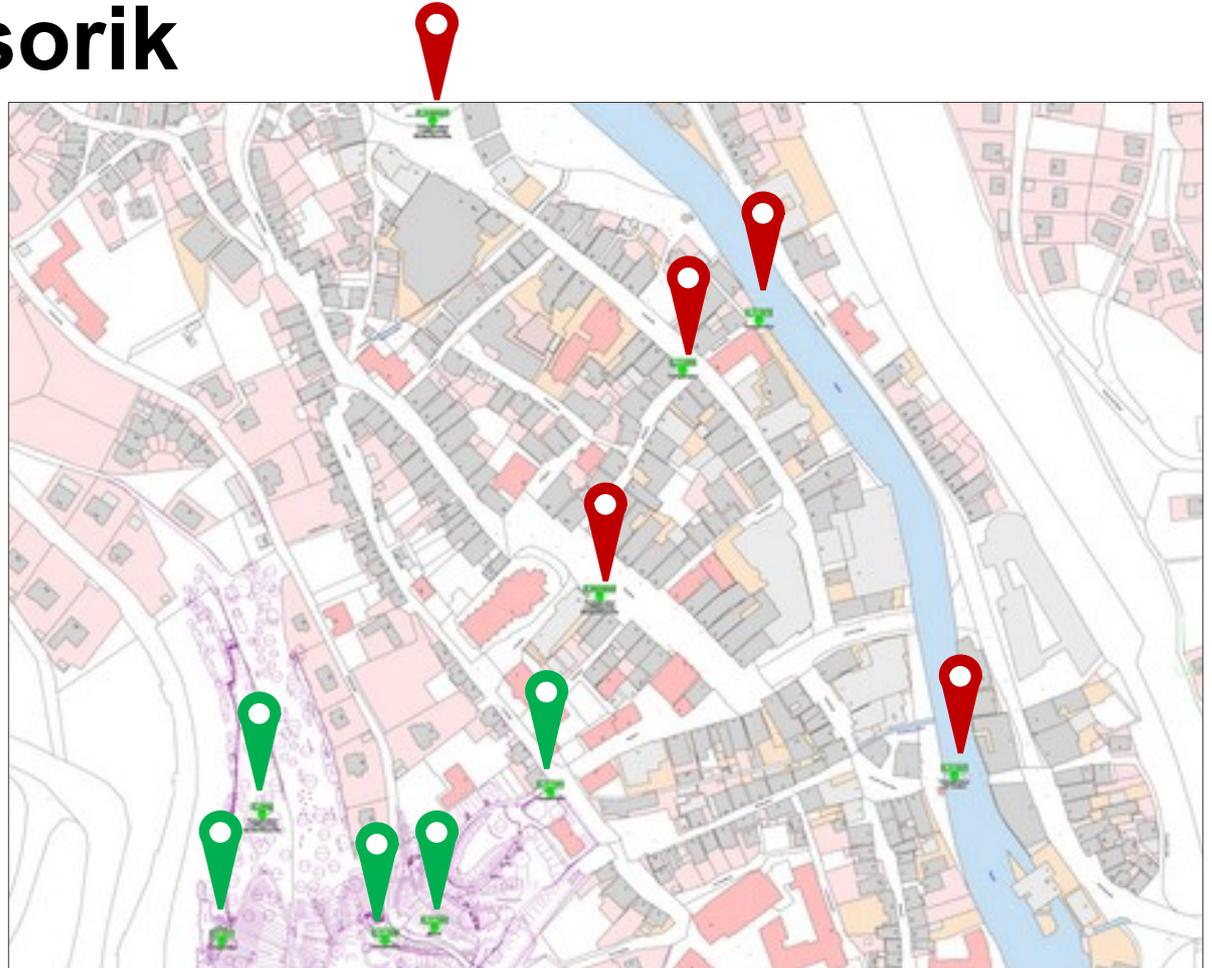
10 Sensoren in  
Stadtgarten und Innenstadt

Online verbunden

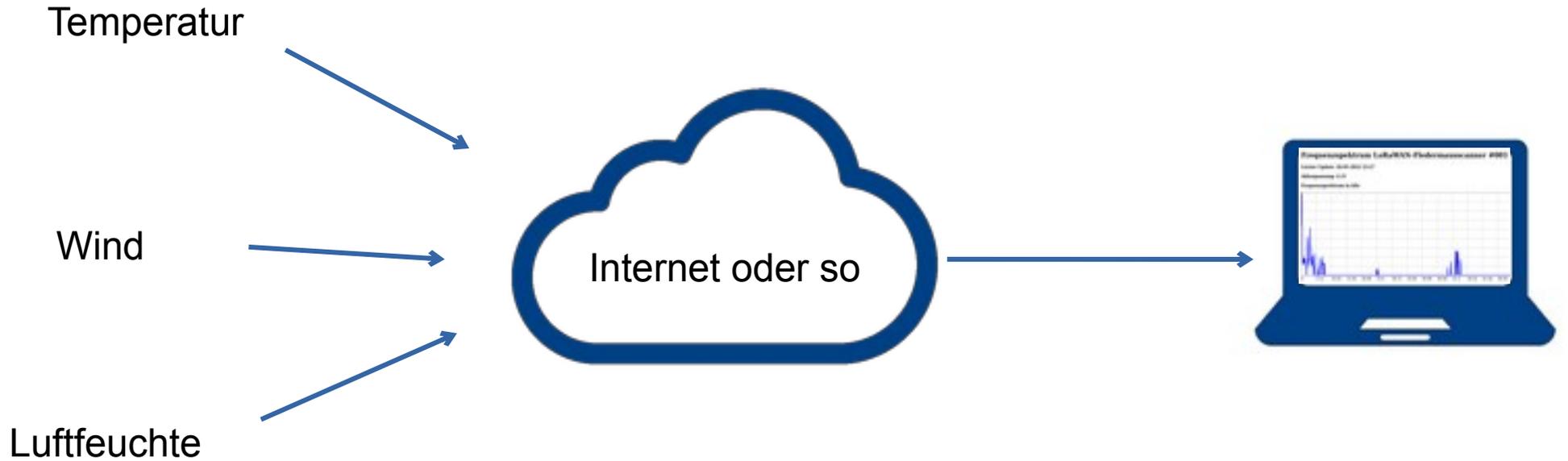
Lufttemperatur, Luftfeuchte,  
Bodenfeuchte,  
Luftströmung

Influx-Datenbank auf  
Strato-VM

Visualisierung mit Grafana



# Netzwerk



# LoRaWAN/TTN stellt die Infrastruktur

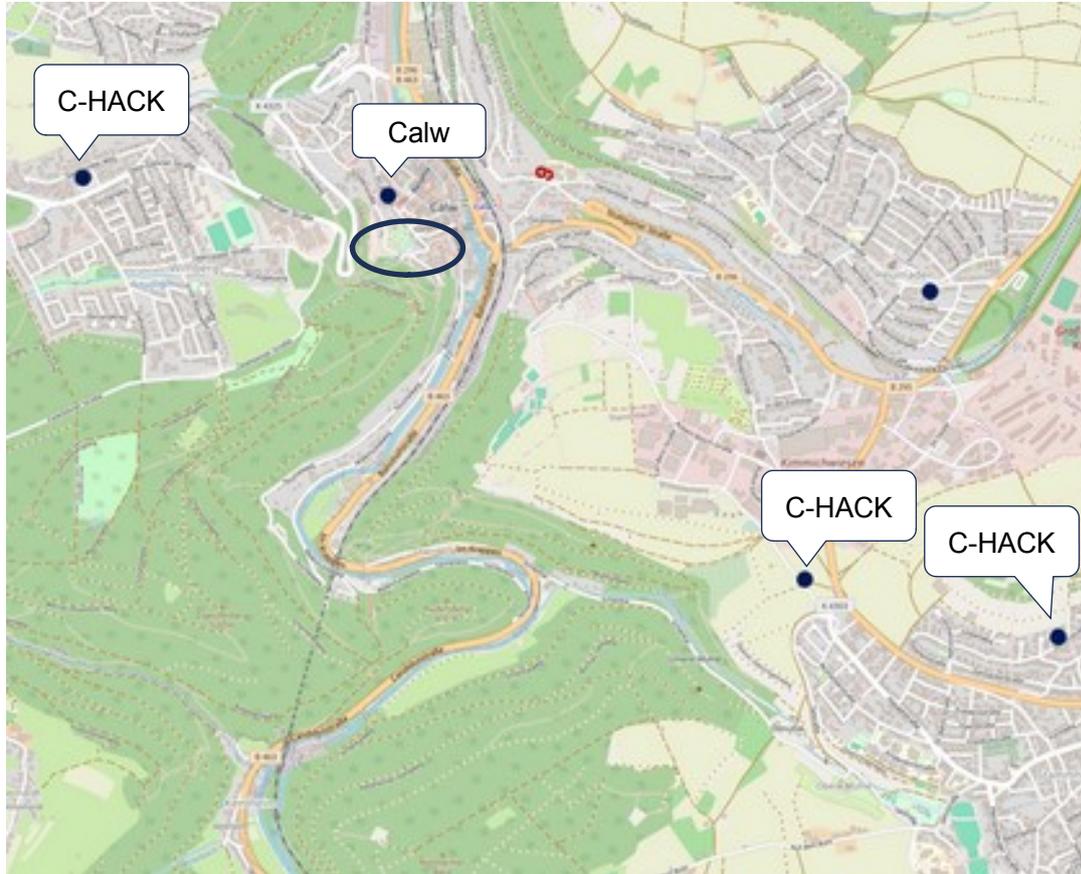


Community basiert  
Sehr große Community  
Tutorials, Konferenzen  
Offene Standards  
Überwiegend Open Source  
Weltweit

**Nicht flächendeckend**



# LoRaWAN-Abdeckung in Calw



# LoRa (Long Range)

Reichweite	5...15km
SRD Band	868MHz
Sendeleistung	14dBm max
Modulation	Chirp Spread Spectrum
Spreizfaktor	typ. 7 bis 12
Modem	Semtech closed source SX1276, 1262, 1302



# SRD Band - unlizenziert

Subband (MHz)	Nutzung	Kanalraster	max. ERP	zeitliche Nutzung, sog. <i>Tastgrad</i>
863,0-865,0	allgemein	Breitband	25 mW	<0,1 %
865,0-868,0	allgemein	Breitband	25 mW	<1 %
868,0-868,6	allgemein	Breitband	25 mW	<1 %
868,7-869,2	allgemein	Breitband	25 mW	<0,1 %
869,4-869,65	allgemein	25 kHz / Breitband	500 mW	<10 %
869,7-870,0	allgemein	Breitband	5 mW	<=10 %



# Wieso unbedingt LoRa?



**WLAN**  
2.4GHz  
20dBm  
100m :-)

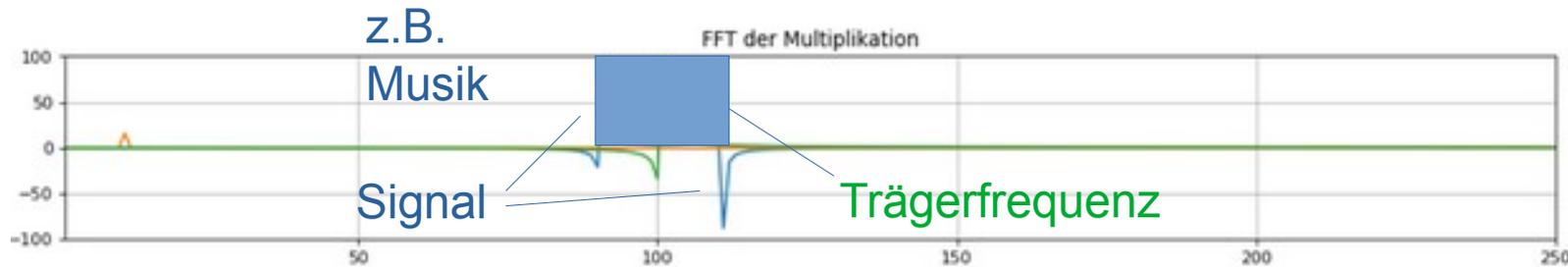
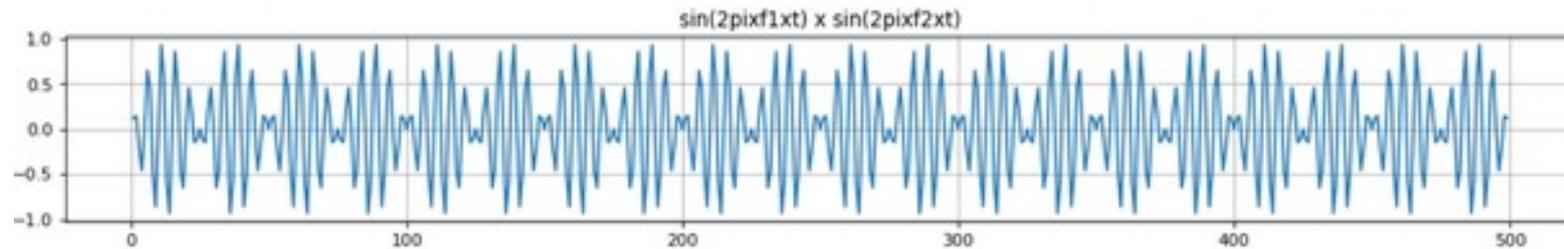
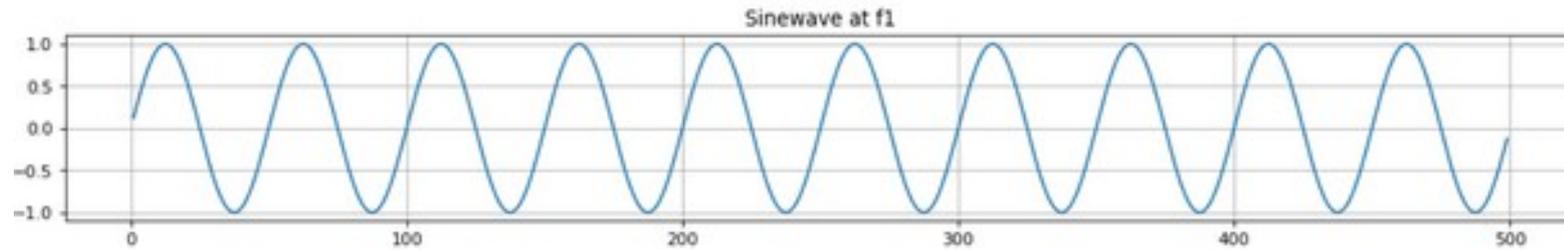
**15km**  
**14dBm**



**UKW**  
100MHz  
50..60dBm :-)  
10..100km



# Modulation? Spreizfaktor? ...?

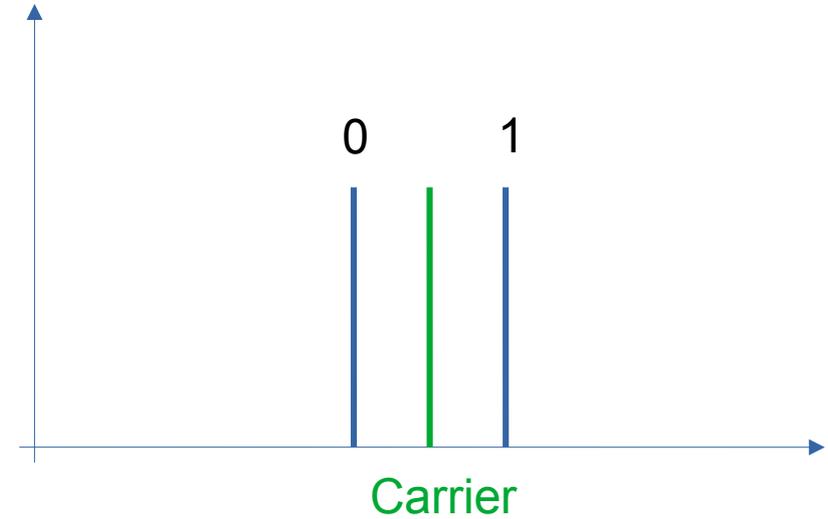
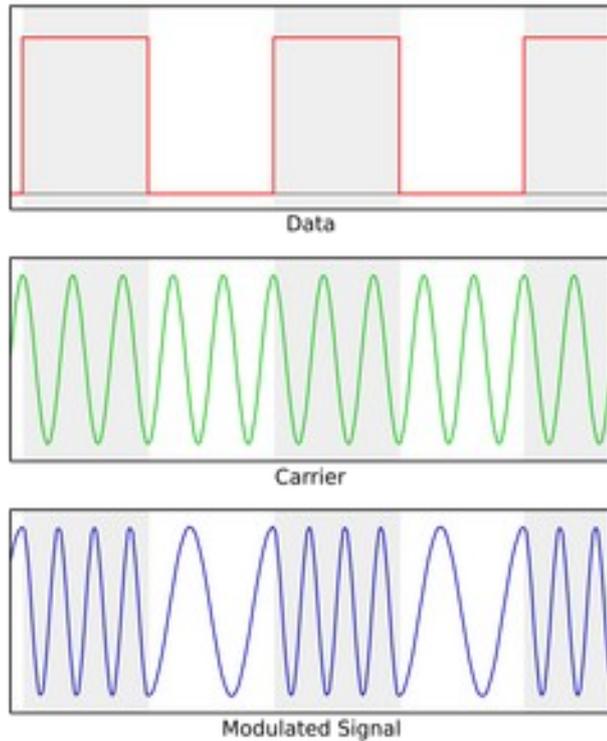


**Beispiel:**  
Amplituden-  
Modulation

Frequenz-  
spektrum



# FM - FSK

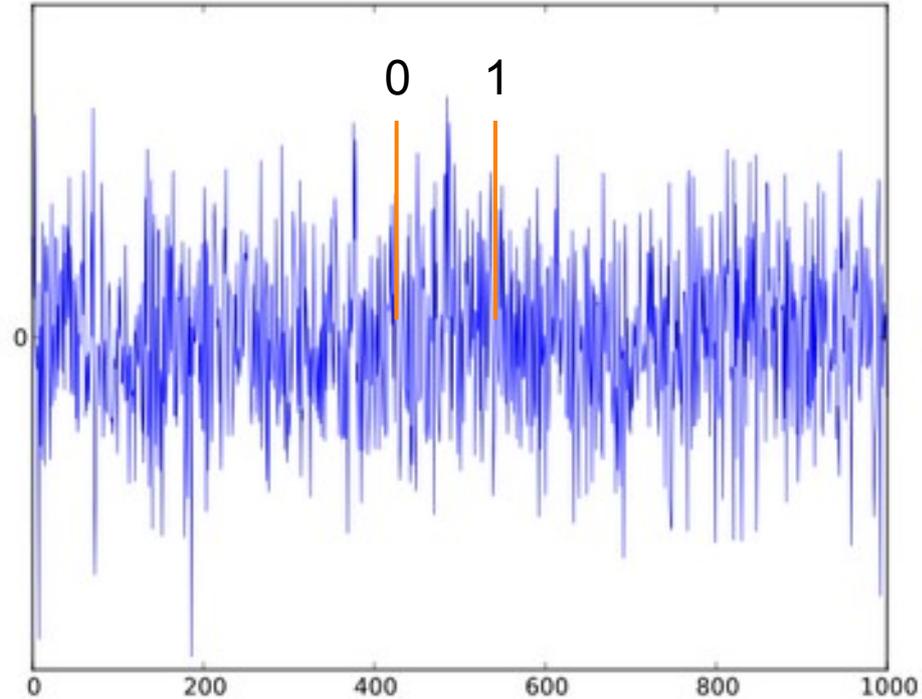


Source: Wikipedia

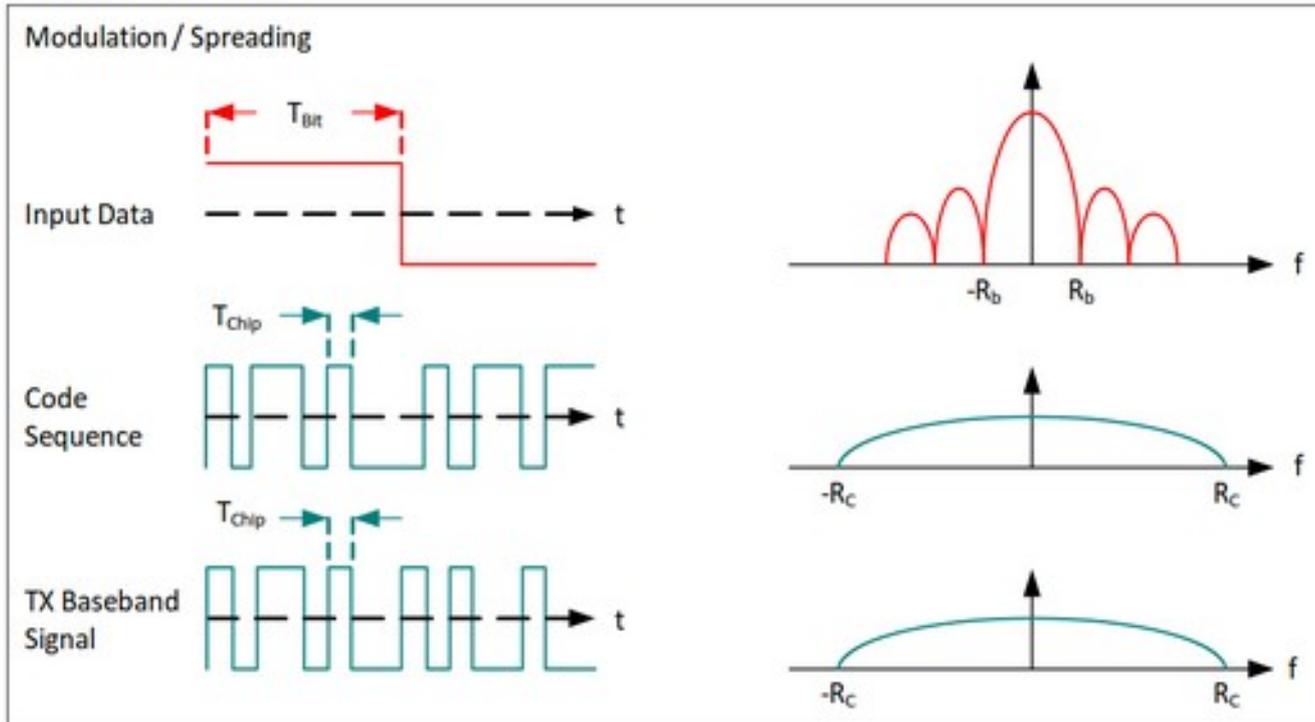


# Rauschen

14dBm ~ 25mW über 25km? Good Luck!



# Spread Spectrum



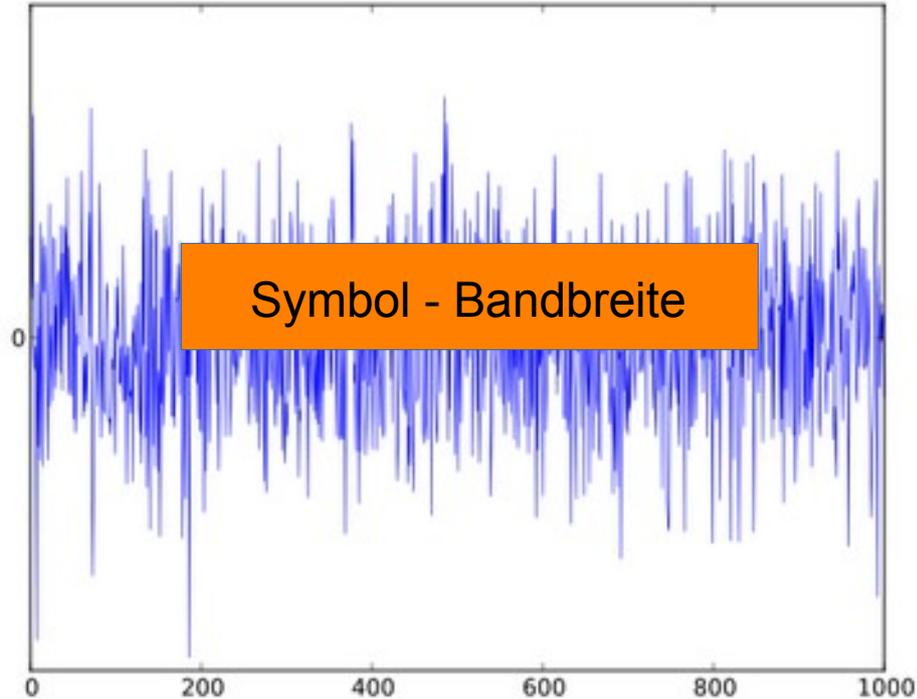
„This process is generally achieved by multiplying the wanted data signal with a spreading code, also known as a chip sequence.“

Source: Semtech AN1200.22



# Rauschen

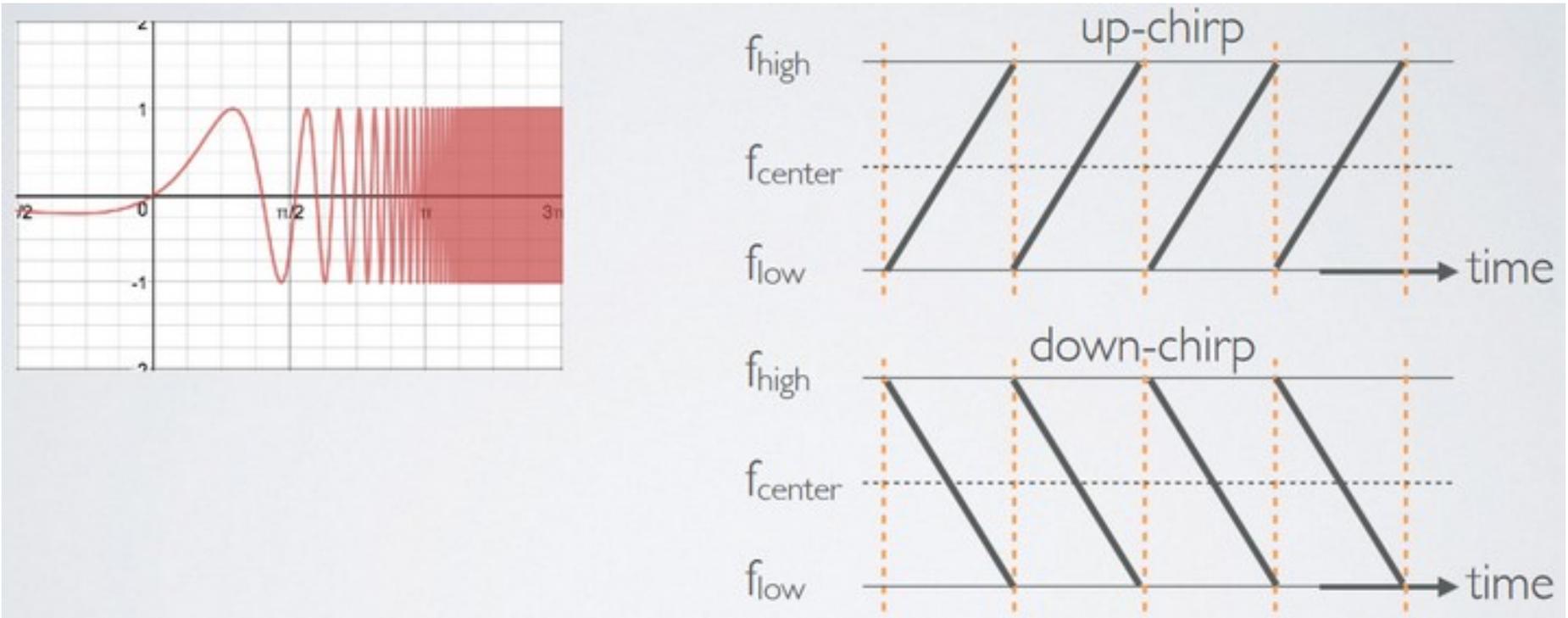
14dBm ~ 25mW über 25km? Good Luck!



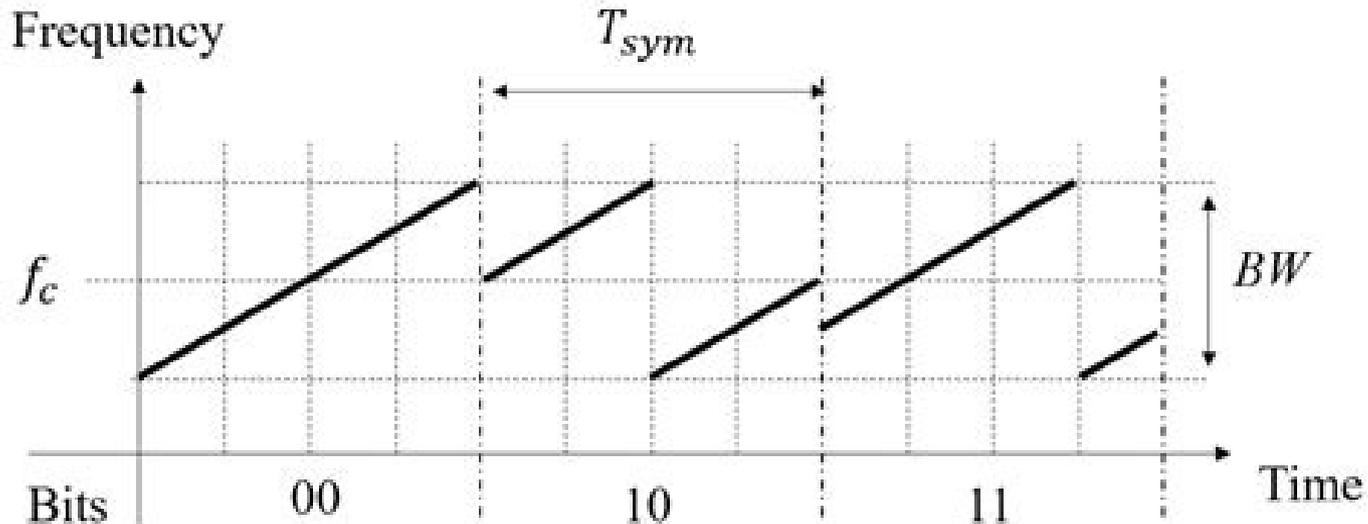
Jetzt haben wir eine Chance,  
das statistische Rauschen  
(typischerweise Gaussian)  
herauszumitteln.



# Semtechs Chip Spread Spectrum Modulation



# Symbole (hier 2 bits = 4 Symbole)



Source: *Generalized Chirp Spread Spectrum for Underwater Acoustic Communications*

**Synchronisation**  
durch eine  
Präambel mit up-  
und down-Chirps

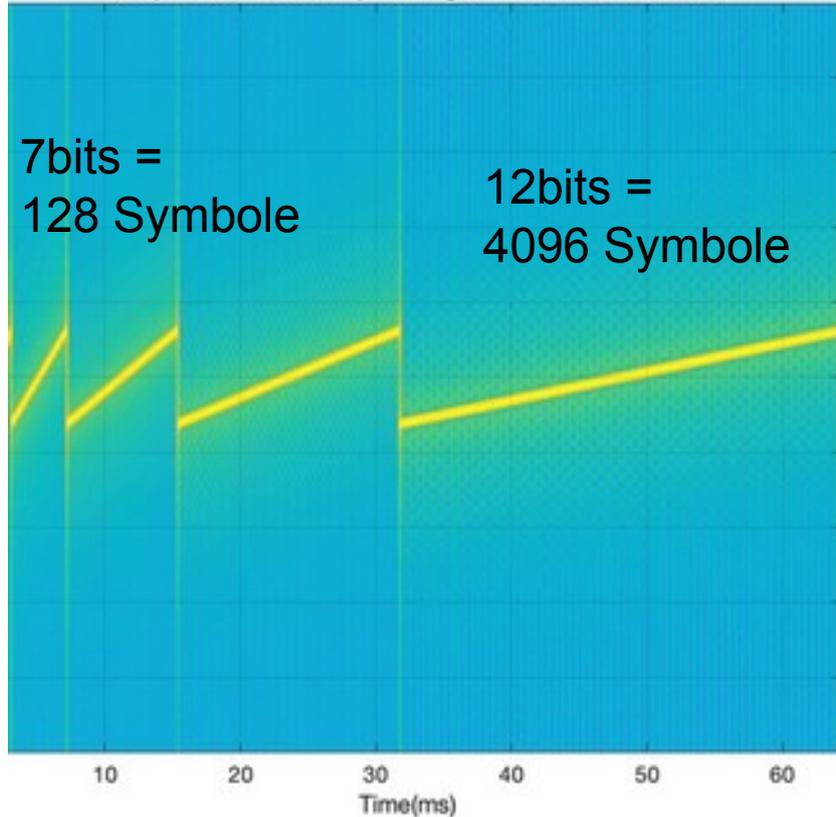
**Dekodierung**  
durch  
Multiplikation  
mit Symbol-  
Chirps und FFT.

**Collisions**  
LBT (listen before  
talk)



# Spreizfaktor SF7 .. SF12

Comparison of LoRa Spreading Factors: SF 7 to SF 12



Spreizfaktor (Uplink)	Bandbreite	Datenrate	Reichweite	Time on Air (11 Byte Payload)
SF12	125 kHz	250 Bit/s		
SF11	125 kHz	440 Bit/s		
SF10	125 kHz	980 Bit/s	8 km	371 ms
SF9	125 kHz	1.760 Bit/s	6 km	185 ms
SF8	125 kHz	3.125 Bit/s	4 km	103 ms
SF7	125 kHz	5.470 Bit/s	2 km	61 ms
	250 kHz	11.000 Bit/s		
FSK	50 kbps	50.000 Bit/s		

Beispiel FS7 → FS8:  $5470\text{bit/s} / 7 * 8 / 2 = 3125\text{bit/s}$

Ein Bit mehr

Symbol doppelt so lang

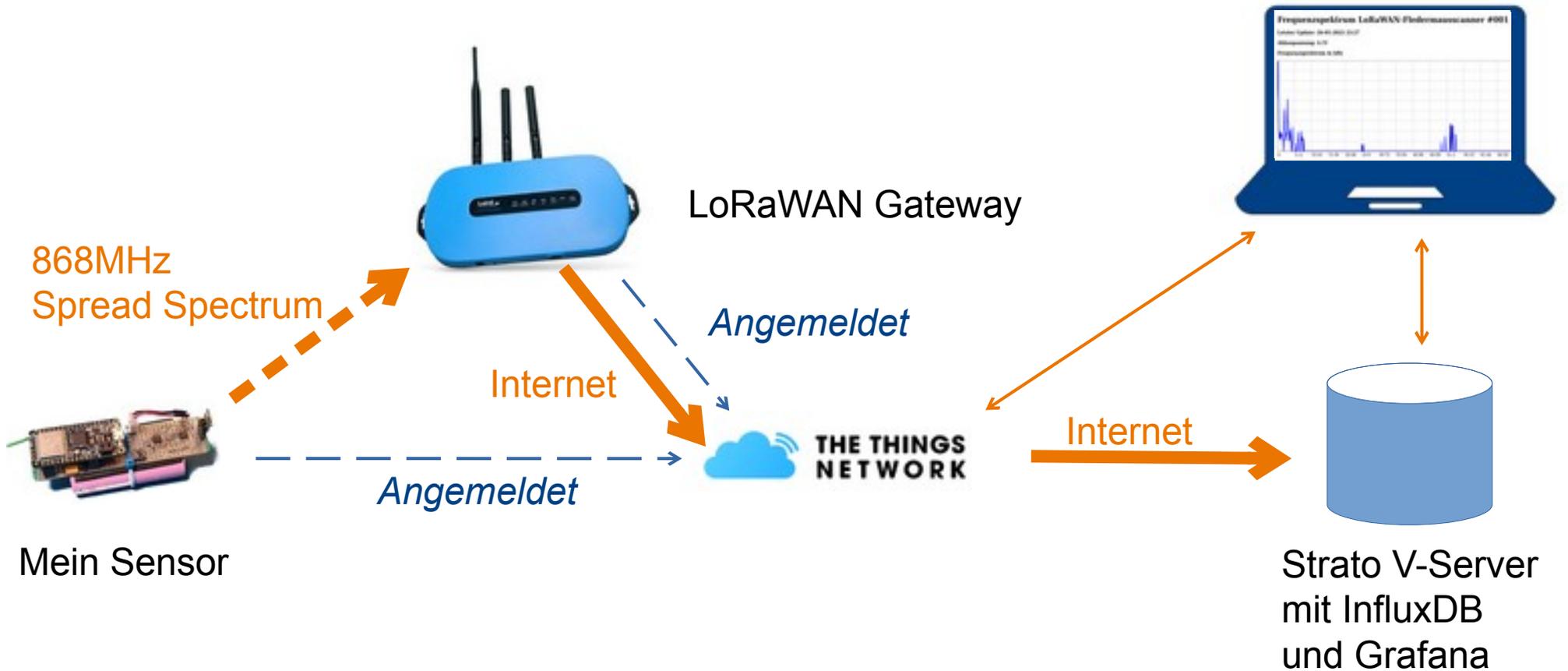


# LoRa Netzwerke

/^ESHT^ST/C



# Protokoll-Layer: The Things Network



# Datenpaket



242 bei SF7  
51 bei SF12

## FHDR (Frame Header)

- DevAddr (4 B): Geräteadresse
- FCtrl (1 B): Steuerflags (z. B. ADR, ACK)
- FCnt (2 B): Frame-Zähler
- FOpts (0-15 B): MAC-Kommandos (optional)

## FPort (1 Byte)

Portnummer (z. B. 1-223 = anwendungsspezifisch, 0 = MAC-Kommandos)

## FRMPayload

Nutzdaten, optional verschlüsselt

## Beispiel: SF7:

~250 Bytes

Tsymbol = 10ms

7bit / 10ms → Tbit = 1.4ms

Tpaket = 350ms

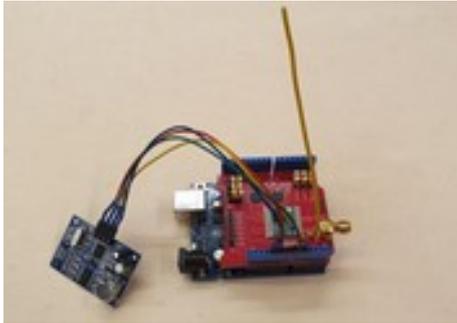
## 1% Tastverhältnis:

~35s Ruhe



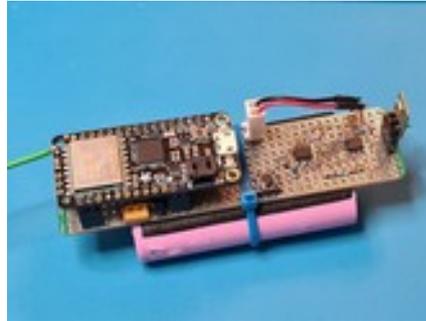
# Unsere Sensorprototypen

**Draguino-Shield**



Arduino-UNO  
RFM95W  
LMIC-Library

**Feather M0+ LoRa**



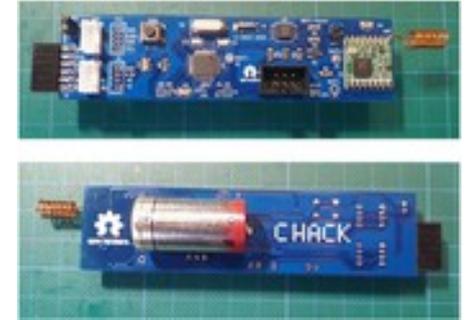
SAMD21  
RFM95W  
LMIC-Library

**Arduino MKR1300**



SAMD21  
Murata LoRa-Modul  
Arduno-Library

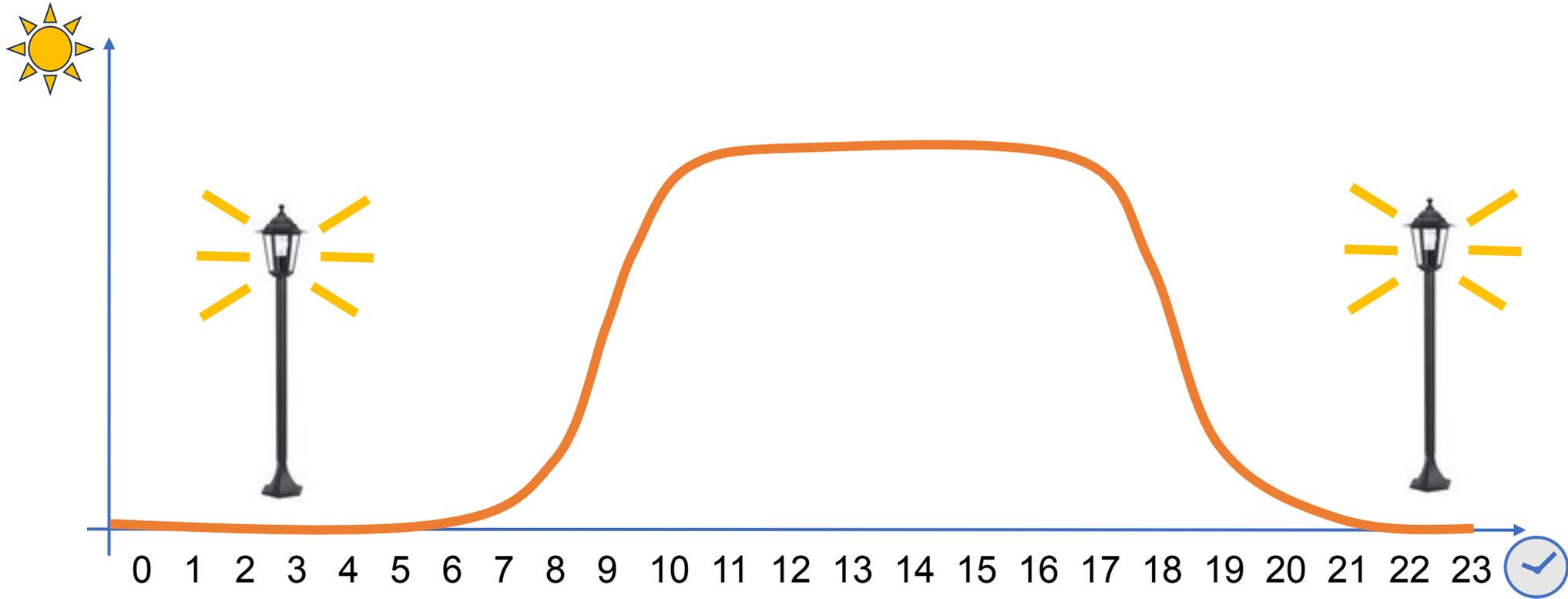
**CaLoRa-Node**



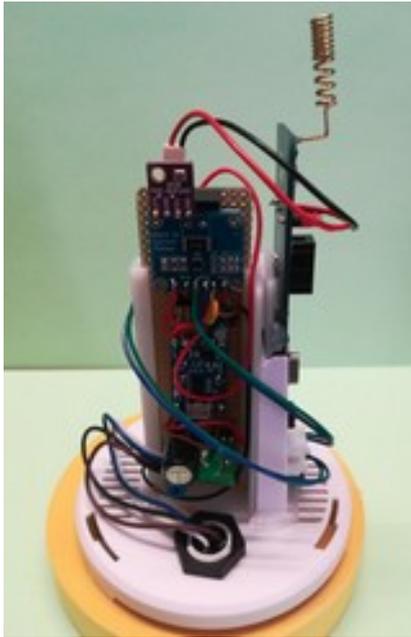
ATMega328 (wie UNO)  
RFM95W  
LMIC-Library



# Stromversorgung – Sonnenenergie invers



# Laternenmontage – The Licence to drill *007*



Prototyp



Prototyp-Installation



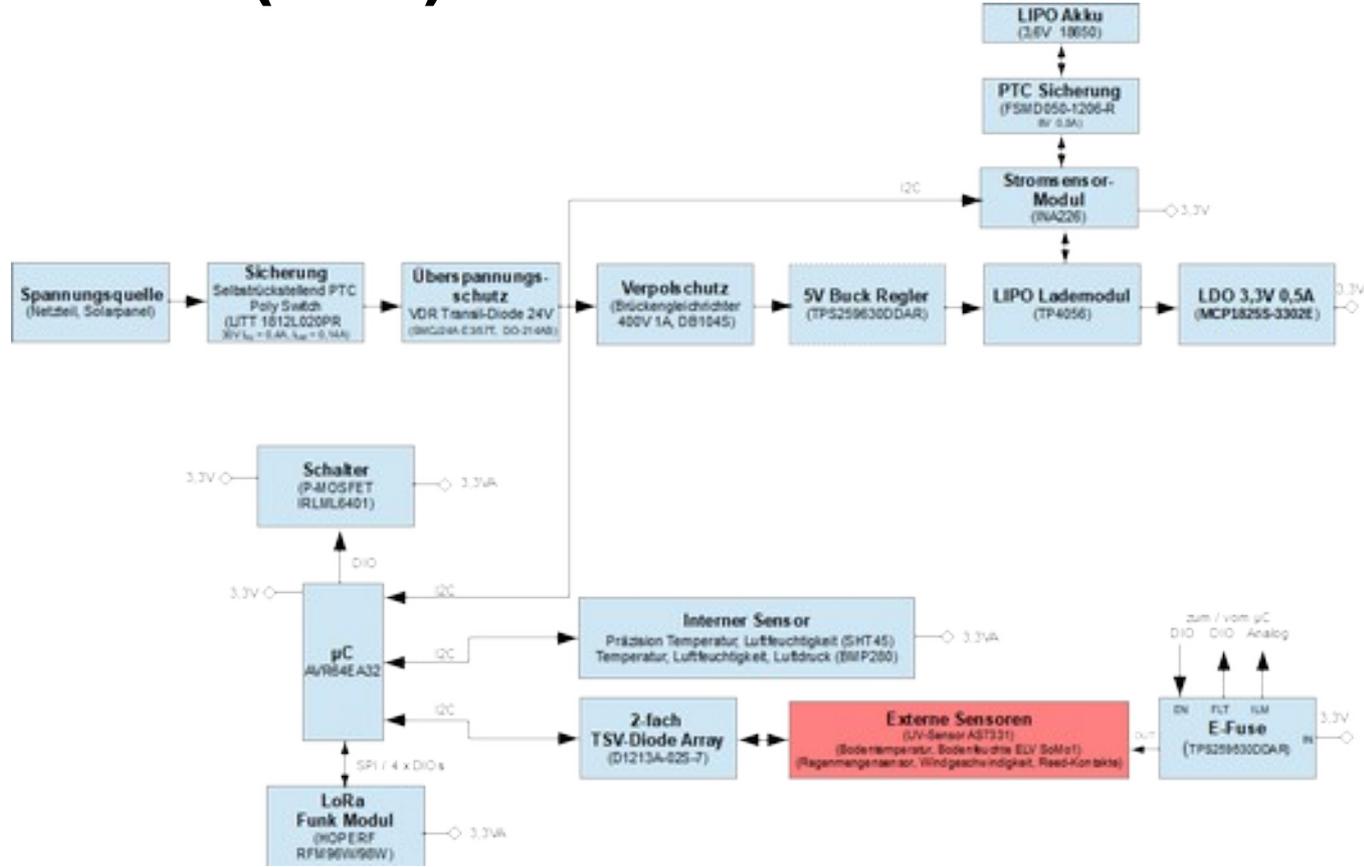
Laternenstrom



Datenbank und Visualisierung



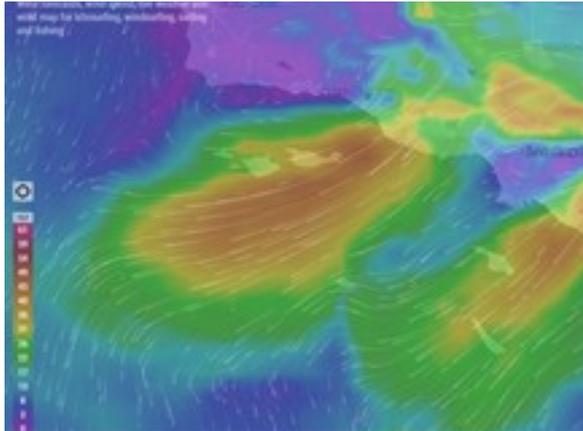
# Unser finaler Sensor (10x)



# Nächtliche Wartung



# Ausblick



Heatmap



City Tree Display



ePaper  
Infodisplays

[Mehr Informationen über das Projekt](#)

