DNMS – Digital Noise Measurement Sensor

Erfahrungen aus Stuttgart

bei der Entwicklung eines Lärmsensors

DNMS – Digital Noise Measurement Sensor

Themen

- Ausgangspunkt und Motivation
- 1. Ansatz 2018
- 2. Ansatz 2019 - DNMS
- Komponenten des DNMS
- Was und wie messen wir?
- Wie haben wir getestet?
- Projektstatus
- Herausforderungen

Ausgangspunkt und Motivation

- Ausgangspunkt: Feinstaubsensor Netzwerk von luftdaten.info
- Lärm als Umweltbelastung
- Ergänzung des Netzwerks um einen Lärmsensor
- Unser 1. Gedanke: Da gibt es doch schon einiges
- Unser 2. Gedanke: Das kann man zügig und preiswert realisieren
- 1. Ansatz 2018

1. Ansatz 2018

- Mikrofonmodul der Firma AK MODUL-BUS Computer GmbH (eingesetzt vom Deutschen Fluglärmdienst e.V.)

- Enthält: Kondensatormikrofon, Vorverstärker, A-Filter und logarithmischen Gleichrichter
- Anschluss an Kommunikationsprozessor NodeMCU über ADS1115 A/D-Wandler
- Kosten 89€ für das Mikrofonmodul; Board ohne Gehäuse u. Kondensatormikrofon 59€; ADS1115 1,60$ - 16€

1. Ansatz 2018

- Ergebnis:
  - Mikrofone zeigten recht große Unterschiede
  - Kalibrierung notwendig
  - Belastung des Kommunikationsprozessors (NodeMCU ESP8266) zu hoch

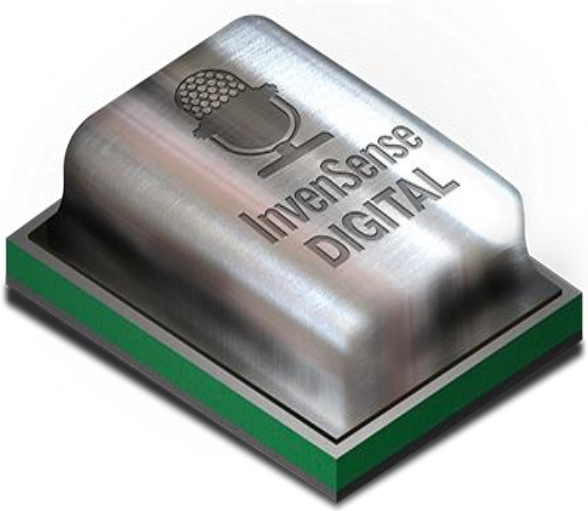
→1. Ansatz insgesamt unbefriedigend und deshalb verworfen

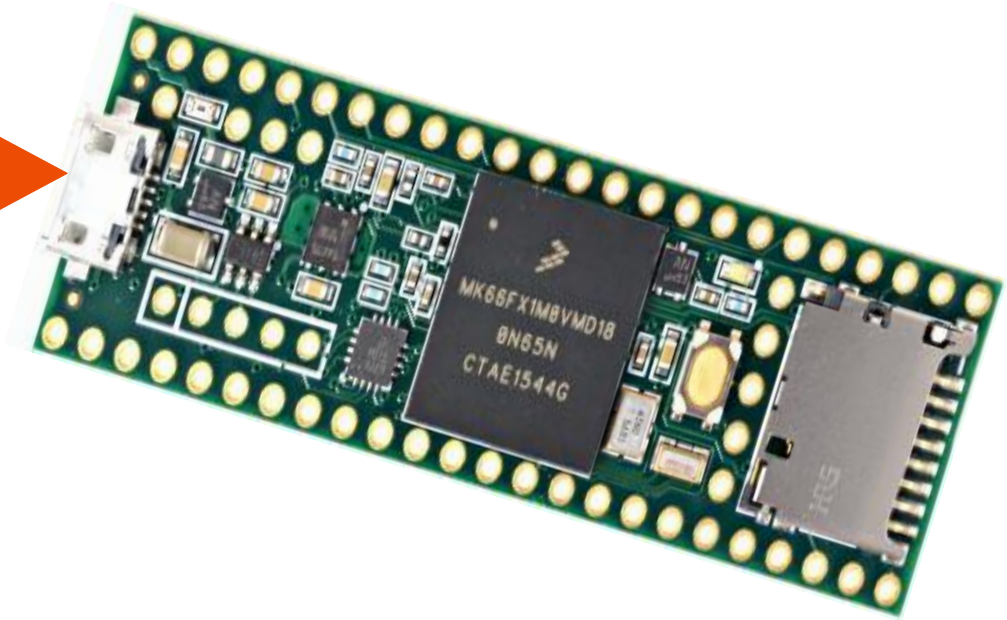
2. Ansatz 2019 - DNMS

- Was nun?
- Einsatz moderner Technologie mit Entwicklungspotential für einige Jahre
- Sensor soll Berechnung des LAeq selbst durchführen
- Keine direkte Kommunikation mit Netzwerken (WLAN, LAN, ...)
- Keine Kalibrierung
- Technologie muss beherrschbar sein – von uns

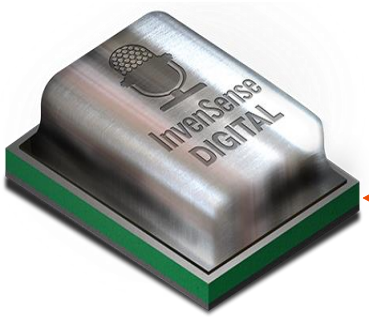
→Digitales Mikrofon + leistungsfähiger Mikrocontroller

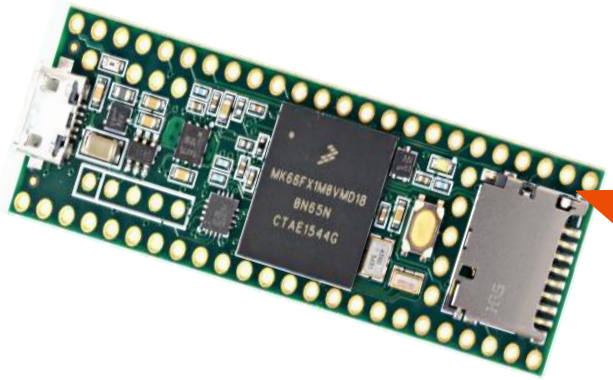
2. Ansatz 2019 - DNMS

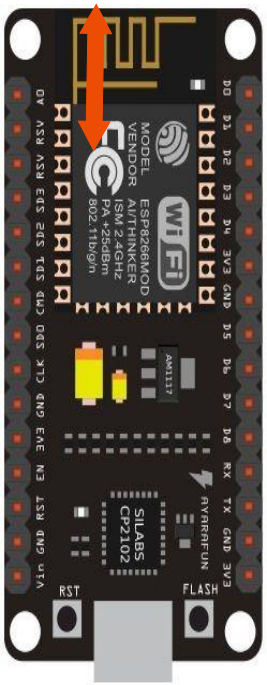




Komponenten des DNMS







- Digitale Schnittstelle zwischen Mikrofon und Mikrocontroller, welche?
- Baugröße,Handhabbarkeit

- Leistungsfähigkeit
- Basis Software z.B. in Form von Libraries
- Entwicklungsumgebung

- Welche Schnittstelle zwischen den Systemen?

Komponenten des DNMS

- Mikro mit I²S Schnittstelle ICS-43434 von TDK – InvenSense
  - Breakout Board vorhanden (Pesky, Vertrieb über Tindie Plattform)
  - Funktionierte ohne Probleme an verschiedenen Mikrocontrollern (Modell des Wettbewerbers nicht)

- Teensy 3.6 als leistungsfähiger Mikrocontroller
  - ARM Cortex-M4F mit 180 MHz
  - I²S Schnittstelle
  - Arduino Entwicklungsumgebung
  - Audio Library
  - I²C Bus (Slave) zum Anschluss an Kommunikationsprozessor NodeMCU

- Gehäuse
  - Geht in die Akustik ein
  - 1/2“ Standard bei Messmikrofonen

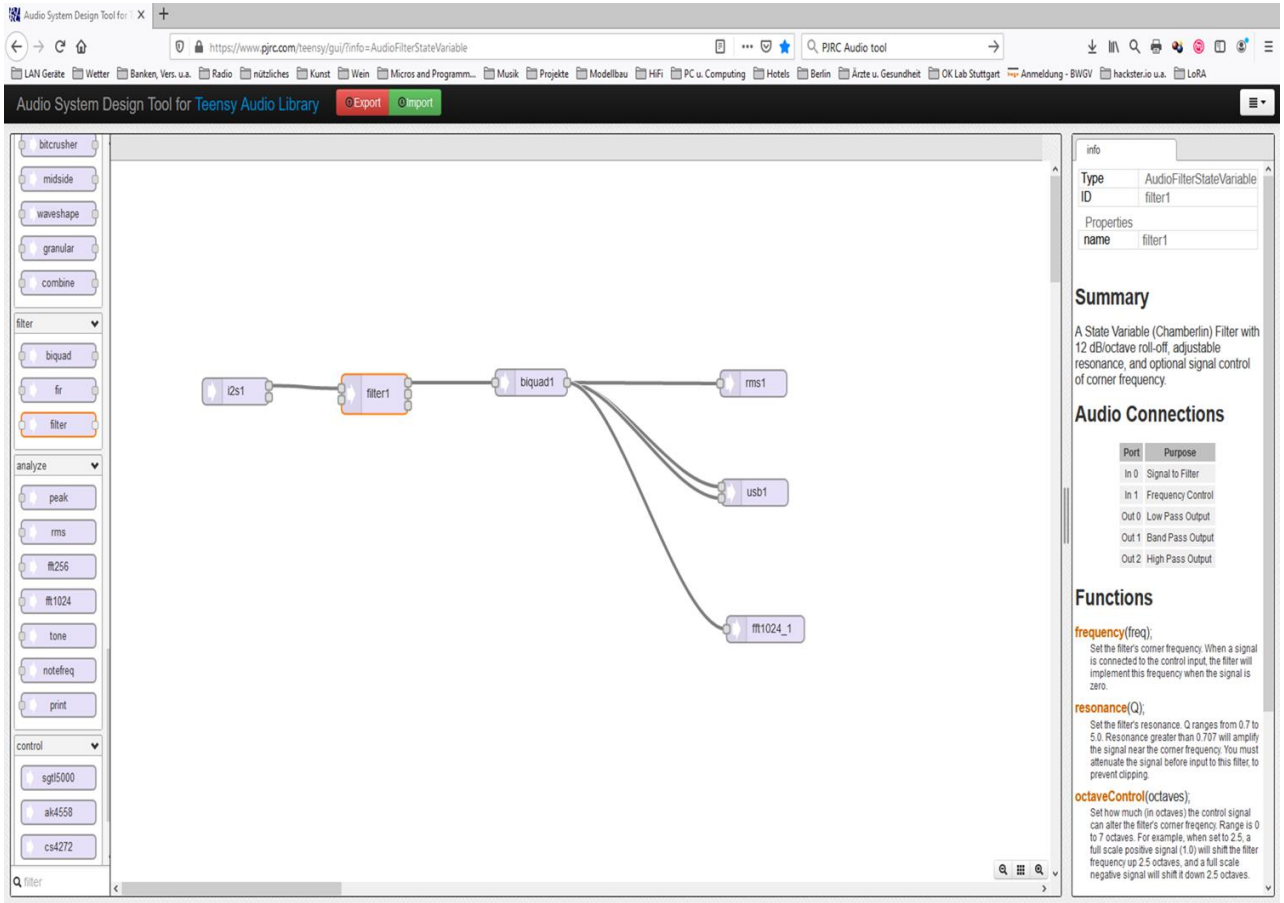
Was und wie messen wir?

Umgebungslärm

- LAeq – A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel d.h. gemittelter Schallpegel über die Zeit mit A-Frequenz-Bewertung
- LAmin und LAmax
- Geplant: C-Bewertung und FFT zur Frequenzanalyse
- Potential für Erkennung von Lärmarten, ggf. mit Einsatz von KI-Tools

Wie messen wir?

Einsatz der Audio Library und
des Audio System Design Tools des Teensy Entwicklers



Was und wie messen wir ?

- Daten vom Mikro über die I²S Schnittstelle als 16-bit 44,1kHz PCM Daten

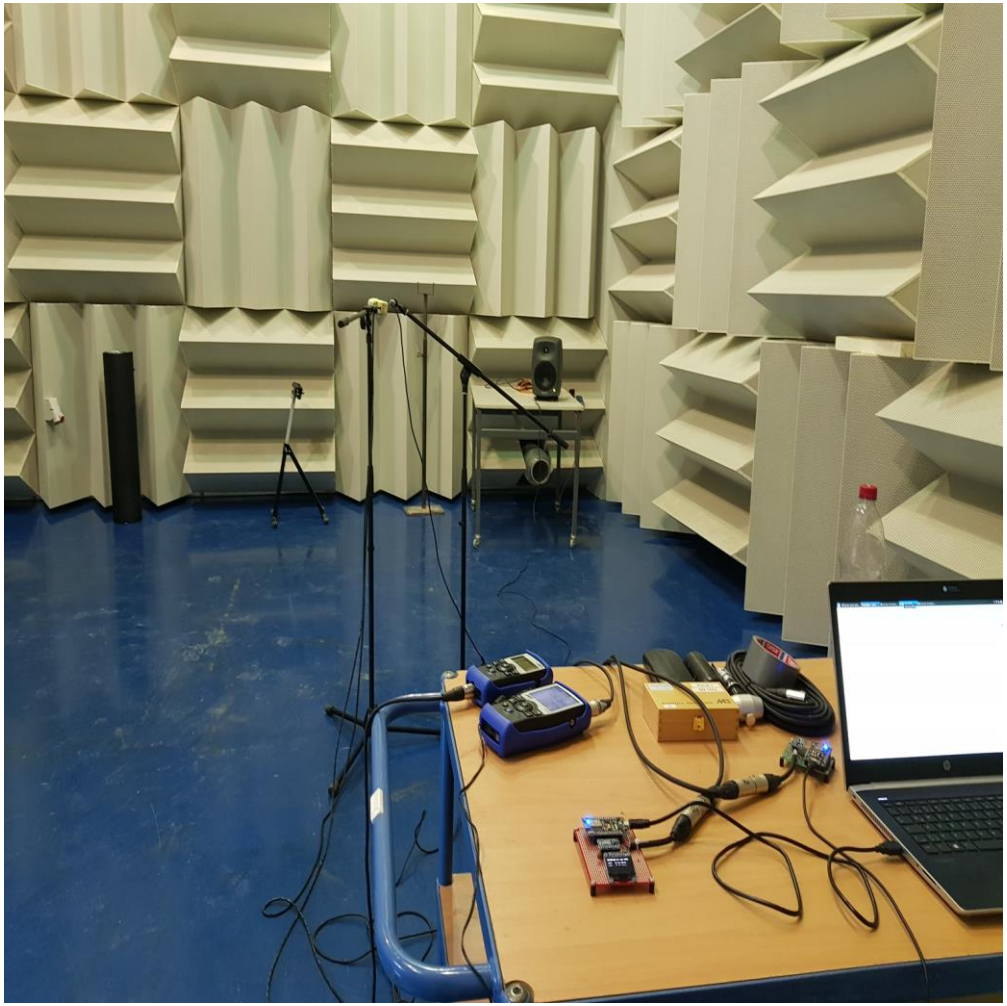
- Intern werden die Daten als Blöcke mit 128 Werten verarbeitet und durchlaufen zwei hintereinander geschaltete mehrstufige Filter (Low Pass und A-Bewertung)

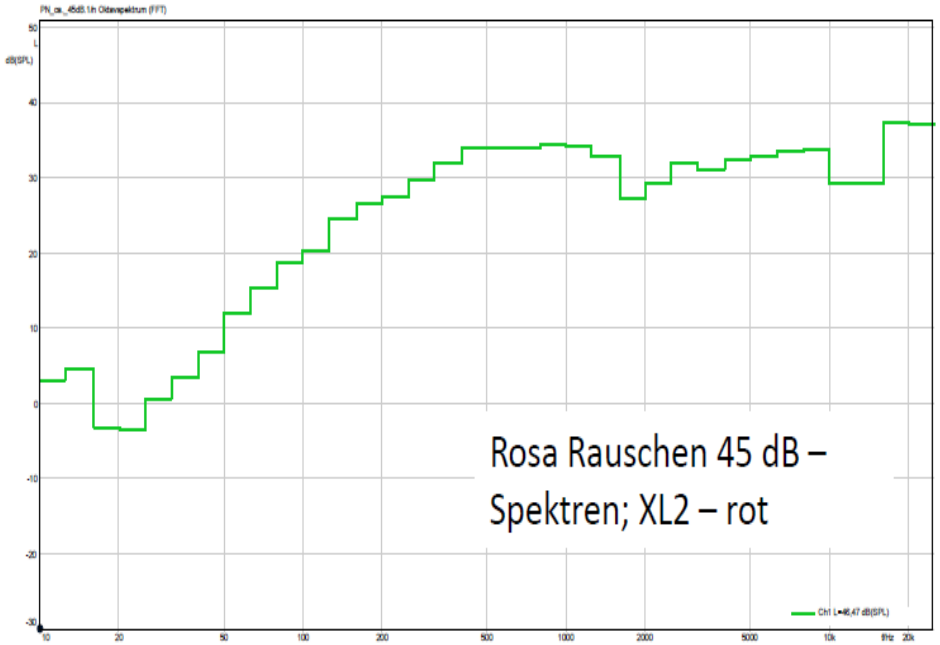
```
filter_LP.frequency(15000);            // State Variable LP Filter
filter_LP.resonance(0.7);

filter_A.setHighpass(0, 280, 0.3655);      // A-Filter HP
filter_A.setLowpass(1, 10000, 0.55);       // A-Filter LP
filter_A.setLowpass(2, 12500, 0.55);
filter_A.setLowpass(3, 14000, 0.7071);
```

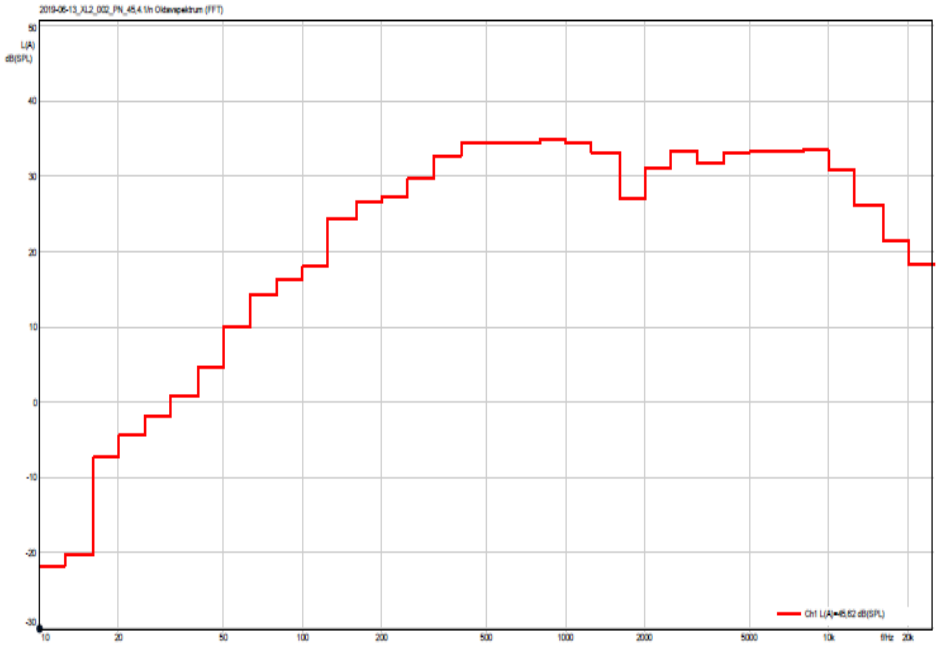
- Effektivwertbildung aus jedem Block und dann aller Blöcke eines 35 ms Intervalls
- Bildung des LA aus dem 35ms Intervall (= LAeq des Intervalls), LAmin und LAmax Suche (Vergleich mit Vorwerten)
- Berechnung des neuen gesamt LAeq aus LAeq des 35ms Intervalls und des alten LAeq
- Der Sensor berechnet den LAeq so lange weiter, bis er abgefragt wird

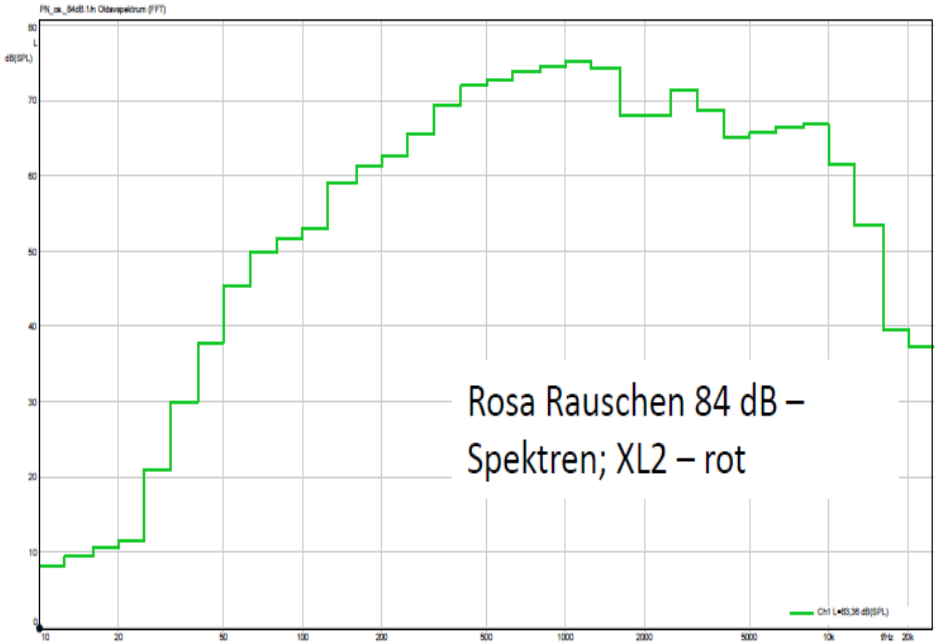
Wie haben wir getestet?

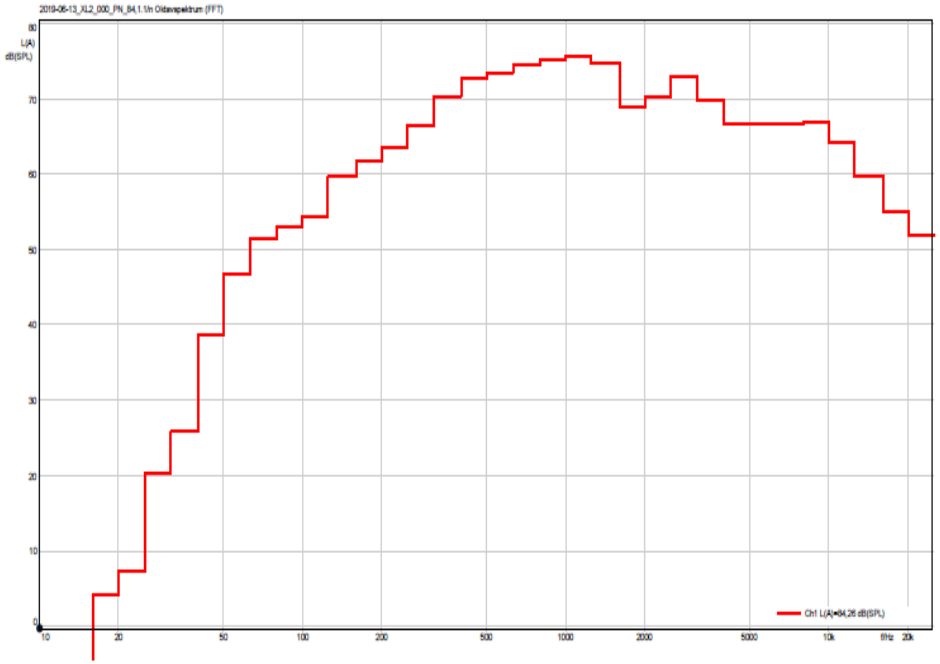
Vergleichsmessungen im Akustik Labor der Hochschule für Technik, Stuttgart, Zentrum für Bauphysik




Rosa Rauschen 45 dB –
Spektren; XL2 – rot

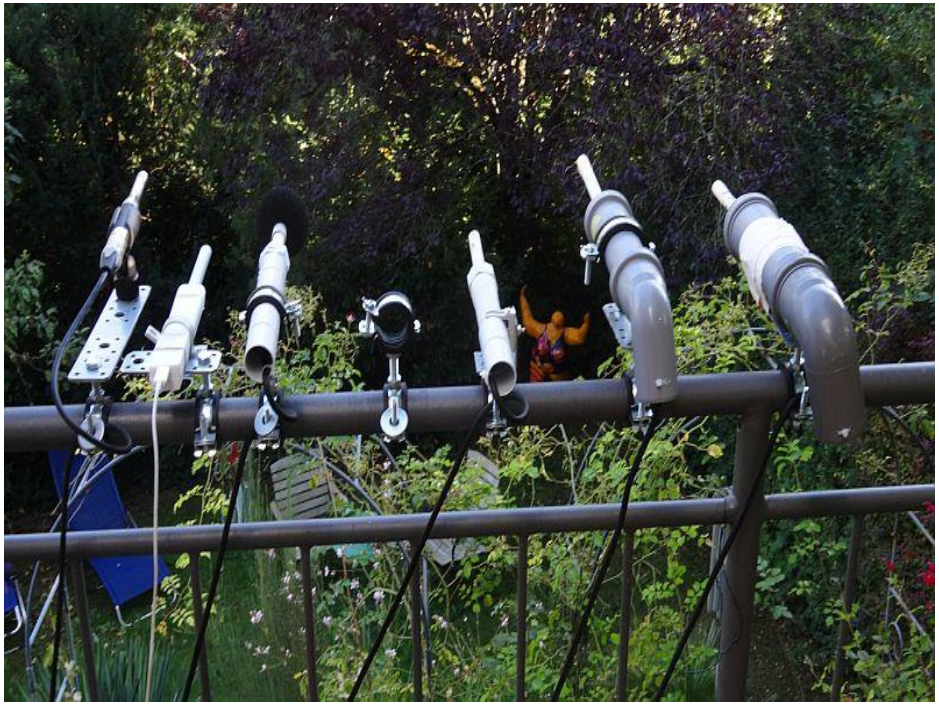



Rosa Rauschen 84 dB –
Spektren; XL2 – rot

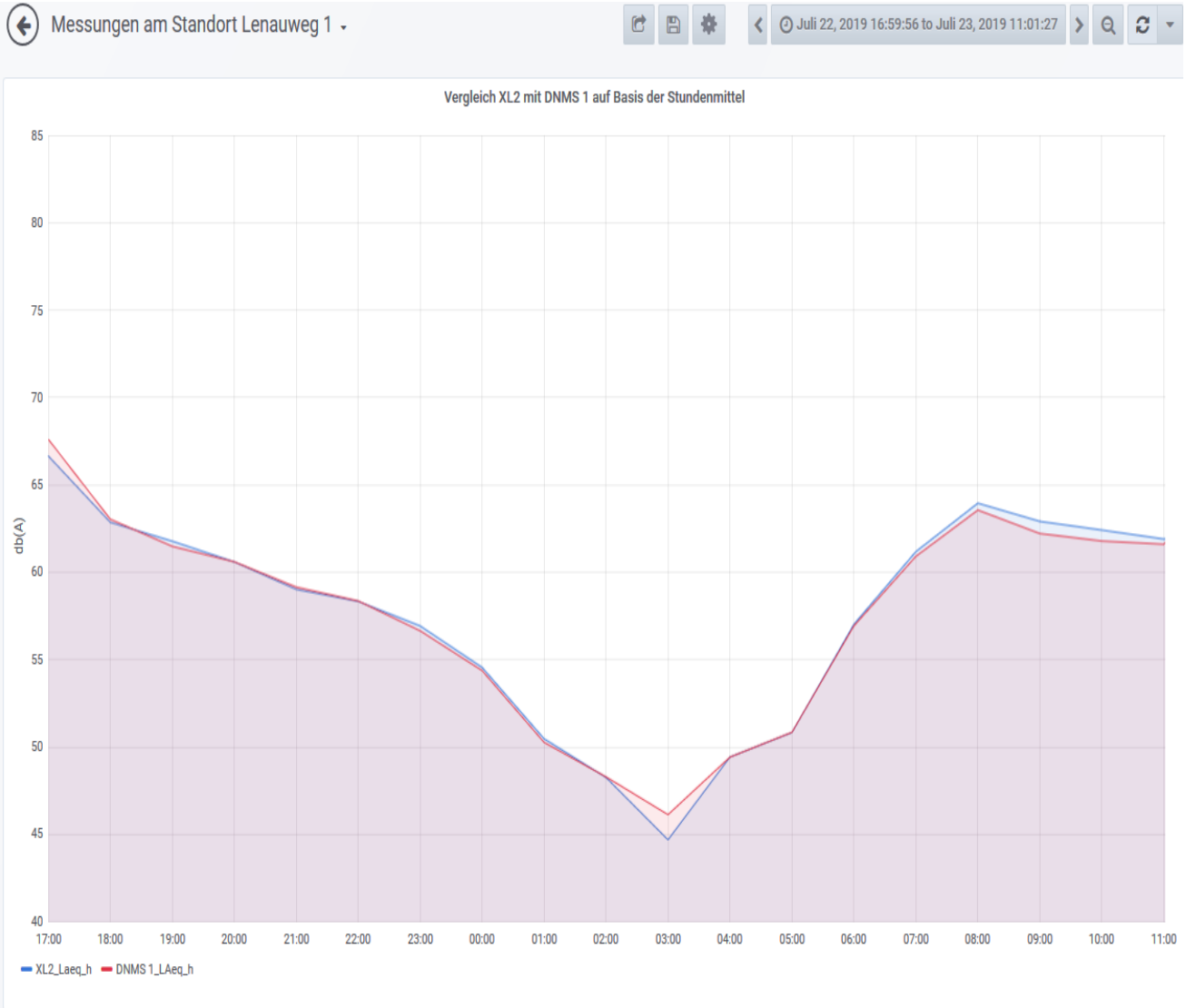


Wie haben wir getestet?

Vergleichsmessungen draußen



Wie haben wir getestet ?



Status

- Presseberichte (SWR und Stuttgarter Zeitung), großes Interesse an Zusammenarbeit
- Veröffentlichung der Bauanleitung und der Software einschließlich der Netzeinbindung (Github, sensor.community)
- Gemeinsamer Bau von 50 Sensoren in der Hochschule für Technik
- Bisher ca. 20 Sensoren am Netz
- Spezielle Seite von Reinhard Fürst mit den üblichen Lärmauswertungen vorhanden
- Generell sehr gute Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik und damit wissenschaftliche Begleitung und die Aussicht auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse

Herausforderungen

- Momentaner Bausatz nur für geübte Elektronikbastler geeignet
- Suche nach einem Vorfertiger und einem Distributor bisher erfolglos
- Sehr viele Nachfragen: Support inzwischen sehr aufwendig
- Dauerhafter Betrieb nur mit öffentlicher und/oder privater Unterstützung möglich
- Weiterentwicklung erfordert weitere Mitmacher, nur dadurch kann das große vorhandene Potential gehoben werden

DNMS – Digital Noise Measurement Sensor

Herzlichen Dank für die Geduld