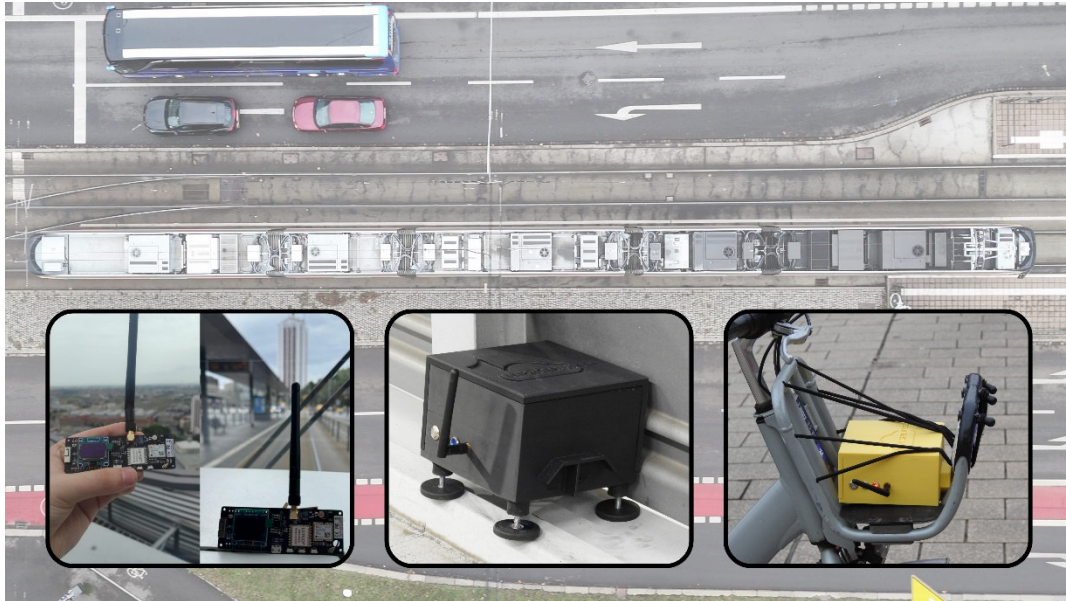


Zusammenfassung der Facharbeit

# Planung, Konstruktion und Erprobung eines mobilen Sensornetzes zur Erfassung von standortbezogenen Daten zur Luftqualität



**WBS  
SCHULEN**

**Fachschule für Technik und Wirtschaft Leipzig**

Fachrichtung: Elektrotechnik (Energie- und Automatisierungstechnik)

Projektierende: Norbert Henke und Sebastian Schmiedel

Fachberater: Dipl. Ing. (FH) Erik Steinke

## **Motivation:**

Einwohnerzahlen und Bevölkerungsdichten von Großstädten steigen stetig an. Hierbei bekommt die Sicherstellung gesunder Lebensumstände einen höheren Stellenwert, wobei die Luftqualität eine zentrale Rolle spielt. Zahlreiche Erkrankungen der Atemwege sowie weiterer Organsysteme stehen in engem Zusammenhang mit der langfristigen Exposition gegenüber Luftschadstoffen.

## **Problemstellung:**

Für die flächendeckende Erfassung der Luftqualitätsdaten sowie eine moderne und verständliche Aufbereitung sind die aktuell vorhandenen kommunalen Messstationen nur eingeschränkt geeignet. Sie erfassen Luftschadstoffe lediglich an wenigen, fest installierten Standorten und liefern somit überwiegend punktuelle Daten. Diese Datenpunkte sind weniger repräsentativ für die Luftqualität des gesamten Stadtgebietes.

## **Zielstellung:**

Ziel der Facharbeit war die Konzeption, der Aufbau sowie die praktische Erprobung eines mobilen Sensornetzes zur Erfassung ortsbezogener, luftqualitätsrelevanter Umweltparameter im urbanen Raum. Dazu sollten Messgeräte auf verschiedenen Fahrzeugen angebracht und erprobt werden.

Das entwickelte System sollte in der Lage sein, Feinstaubkonzentrationen PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>4</sub> und PM<sub>10</sub> zu messen sowie begleitende Umgebungsgrößen wie Temperatur und relative Luftfeuchte zu erfassen. Ergänzend sollten Luftgüteindikatoren in Form eines VOC-Index und eines NO<sub>x</sub>-Index bereitgestellt werden.

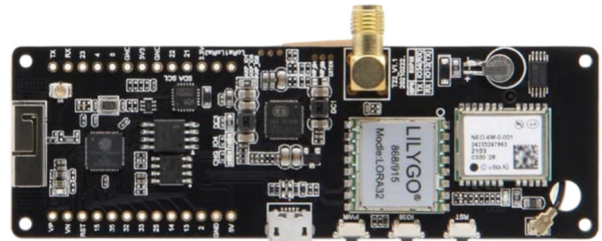
Die erfassten Messwerte sollten mittels GPS eindeutig räumlich zugeordnet und drahtlos an eine zentrale Datenbank übertragen werden können. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Erprobung des Systems unter realen Einsatzbedingungen, unter anderem bei der mobilen Messung im Straßenbahnbetrieb oder auf dem Fahrrad. Ziel war es, die technische Machbarkeit, Zuverlässigkeit und Praxistauglichkeit eines solchen Mess- und Übertragungssystems zu untersuchen.

Die Facharbeit konzentriert sich damit bewusst auf die technische Umsetzung und praktische Erprobung eines mobilen Messsystems und versteht sich nicht als Ersatz für behördliche Luftmesseinrichtungen. Beachtet werden muss auch, dass keine hohen finanziellen Mittel zur Verfügung standen, da das Projekt in Eigenleistung umgesetzt wurde.

## Technischer Aufbau:

Für die Erfassung der Luftqualität wurden zwei autonome Messgeräte entwickelt. Diese sollen relevante Messgrößen selbstständig erfassen und gemeinsam mit GPS-Daten an eine Datenbank senden. Für die Simulation eines Netzes wurde auch die Weitergabe von Daten über ein Master-Slave-Aufbau erprobt.

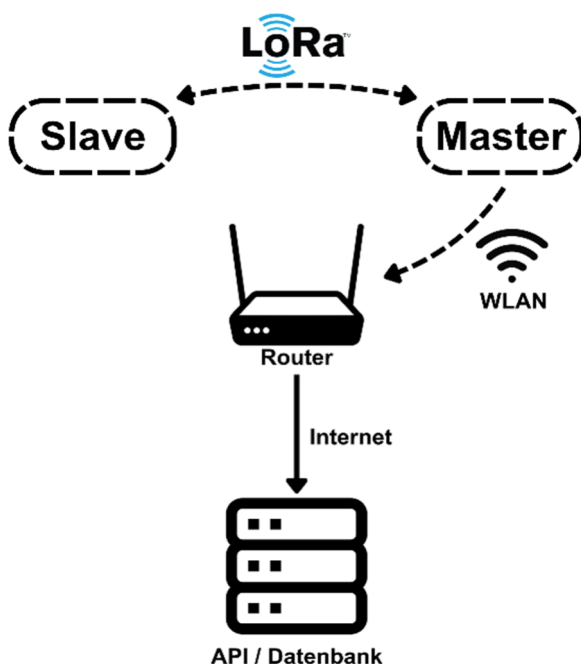
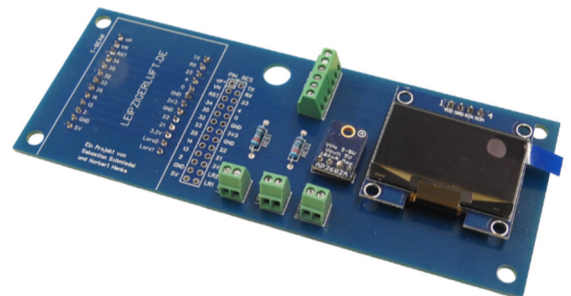
Als Herzstück der Messgeräte wurde ein Microcontroller (LilyGo T-Beam) mit GPS, LoRa und Batteriefach verwendet.



Für die Erfassung der Luftqualitätsdaten wurde ein SEN55 Umweltsensormodul genutzt. Dieser kann folgende Größen erfassen:

Temperatur, rel. Luftfeuchte, Stickoxide (NOx-Index), Feinstaubpartikel (PM1, PM2.4, PM4, PM10), flüchtige Organische Stoffe (VOC-Index)

Um alle Komponenten miteinander zu verbinden, wurde eine eigene Platine entwickelt. Diese verbindet den T-Beam mit dem SEN55 und lässt sie über den I2C-Bus kommunizieren. Zusätzlich sind Status-Anzeigen und Taster angeknüpft.



Für die Kommunikation zwischen zwei Messgeräten wurde die Funktechnologie LoRa eingesetzt. Der Slave sendet seine Werte an den Master, dieser übergibt diese über WLAN an einen mobilen Router, welcher diese über LTE an eine Datenbank weitergibt.

Alle Komponenten wurden in einem 3D-gedrucktem Gehäuse untergebracht.

## Messdurchläufe:

Für die Erprobung von Komponenten und fertigen Messgeräten wurden Messdurchläufe durchgeführt.

### Messdurchlauf 1: Reichweite von Übertragungstechnologie „LoRa“ überprüfen

Die LoRa-Reichweite wurde zwischen zwei T-Beams vom Leipziger City-Hochhaus zur Straßenbahn getestet. Die Reichweite wurde auf bis zu 3 Kilometer als zuverlässig ermittelt.



### Messdurchlauf 2: Messgerät mit LoRa und SEN55

Die Funktion eines Messgerätes mit allen Komponenten wurde erprobt. Messung und Übertragung hat über einen Zeitraum von 2 Stunden fehlerfrei funktioniert.

### Messdurchlauf 3: Messung auf Straßenbahn

Durch die Mitfahrt auf einer Straßenbahn wurde das System final erprobt. Diese ist im Linienverkehr für 20 Stunden durch Leipzig gefahren, dabei wurden ~7000 Messpunkte erfasst und erfolgreich übertragen.



### Messdurchlauf 4: Vergleich verschiedener Transportmittel

Parallel zum Messdurchlauf 3 wurde ein Messgerät mit einem Fahrrad entlang der Straßenbahnlinie gefahren. Zusätzlich wurde ein Digitalthermometer zu Fuß befördert. Das sollte die Vergleichbarkeit der Messwerte ermitteln.

## **Ergebnisse:**

Durch die verschiedenen Messdurchläufe wurden aussagekräftige Ergebnisse erzielt. Ein mobiles Messsystem, welches GPS mit Sensordaten verknüpft, ist technisch gut umsetzbar. Die Übertragung mit LoRa, WLAN und LTE funktioniert ebenfalls. Im Praxistest hat es sich allerdings gezeigt, dass sich bestimmte Messgrößen nicht bzw. nur eingeschränkt korrekt erfassen lassen. Beispielsweise wird die erfasste Lufttemperatur und -feuchte sehr von der Sonneneinstrahlung und von der Wärmeentwicklung durch interne Komponenten beeinflusst. Ebenfalls gab es eine Abweichung des VOC-Index durch die Bewegung bzw. Geschwindigkeit der Straßenbahn. Die Messgrößen für Feinstaubpartikel wurden im Versuch von diesen Störgrößen nicht beeinflusst und wurden dadurch als sehr plausibel eingestuft.

## **Zukünftige Fehlerbehebung:**

Durch einen sonnengeschützten Einbau kann der Einfluss durch Einstrahlung minimiert werden. Zusätzlich ist eine amtliche Kalibrierung der Messgrößen notwendig, um die Genauigkeit der Messwerte zu steigern.

## **Ausblick:**

Ein solches Messsystem lässt sich gut skalieren. Durch die Montage auf vielen Transportmitteln wie Straßenbahn und Bus, aber auch (Miet-)Fahrrädern, kann ein stadtweites Sensornetz umgesetzt werden. Durch die direkte Übertragung erhält man Messwerte in der ganzen Stadt im Minutentakt. Mithilfe von Interpolation können Zwischenwerte errechnet werden. Diese Daten könnten in einer App direkt für Einwohner und Besucher dargestellt werden.

Eine Präsentation der Facharbeit sowie eine interaktive Statistik finden sie unter:

