



GYMNASIUM
OTTOBRUNN



Forschung

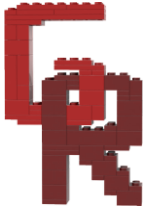
Wie kann der Abtransport von Abfällen effizienter gestaltet werden?





Inhalt

Inhalt	1
Problemanalyse	2
Vorhandene Lösungen	3
Entwicklungsprozess	4
In den Sommerferien	4
Robotikfahrt	4
Expertengespräche	4
Unsere Lösung	5
Vorteile unseres Sensors	5
Funktionsweise	5
Komponenten des Sensors	5
Webinterface	6
Stromversorgung	6
Kostenaufschlüsselung	7
Veröffentlichungen	8
Interviewte Experten	8



Problemanalyse

Aktuell:

- Leerung nach striktem Zeitplan
- Aber:
 - unregelmäßige Befüllung von Containern, z.B. an Silvester, privaten Feiern etc.
 - Leerfahrten oder Überfüllung von Containern

Vorteile einer optimierten Leerung:¹

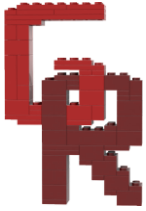
- Vermeidung von unnötigen Leerungen
 - verminderte Kosten
 - weniger Arbeit
 - verringerte Fahrten → verringerte CO₂ Emissionen
- Verhinderung von überfüllten Mülltonnen & Containern
 - kein Müll neben Container und auf den Straßen → weniger Arbeit bei Entsorgung
 - zufriedener Bürger → weniger Beschwerden
 - angenehmere Atmosphäre

¹ https://enevo.com/FILES_ENEVO_C/FILE/Douglas_Borough_Council_Case_Study.pdf



Vorhandene Lösungen

- WILSEN.sonic.level
 - Multisensor mit Sensoren für Füllstand, Position, Temperatur
 - Kommunikation über LoRaWAN
 - universell einsetzbar → ist nicht auf bestimmte LoRa-Netzwerkserver oder IoT-Plattformanbieter schränkt
 - Einsatzgebiete: Füllstände in Silos etc., Pegelstände
 - Kommunikation über App und Web Interface
 - Fixe Verankerung für Sensor nötig
 - Kosten: 280€
→ nicht für eine große Anzahl an Containern verwendbar, feste Verankerung macht Nachrüstungen schwer
- enevo (mittlerweile bankrott)
 - Nutzung eines ToF Sensors
 - Erprobung der Sensoren in Unterschiedlichen Städten
→ nicht mehr erhältlich
- SENSONEO
 - Nutzung von Ultraschallsensoren
 - Datenverschlüsselung
 - Kosten: 240€ zzgl. Software Abonnement
→ aufgrund von Kosten nicht für eine große Zahl Container verwenden
- VEGA Grieshaber
 - meist Radarsensoren (vielfältig: Ultraschall,..)
 - Noch Pilotprojekte
 - Kosten: 450€-500€
→ sehr teuer
- Sensor Fill
 - Lasertechnik
 - Kommunikation über App; Routenplanung → Mobilgeräte-App
 - GPS Sender
- SLOC
 - Ultraschallsensor und Time of Flight
 - Zusammenarbeit mit Remondis und Veolia
 - Kosten: 140€ - 155€ plus zusätzlich >1€ monatlich
- Georg Roth Container Express
 - NB-IoT Sensoren - Time of Flight
 - Vielfältige Nutzung
 - App: Routenplanung
 - Kosten: 100€-300€



Entwicklungsprozess

In den Sommerferien

- Allgemeines Finden von Problemen
- Recherche bestehender Lösungen
- Finden potenzieller Lösungen

Robotikfahrt

- Zusammentragen der Ideen
- Weiterentwicklung der Vorschläge
- Sortierung der Ideen
- Eingrenzung des Themengebiets
- Recherche bestehender Lösungen
- Recherche von Problemen bestehender Lösungen
- Findung von Experten

Expertengespräche

- Vorstellung unserer Ideen
- Vorstellung bestehender Lösungen durch Experten
- Vorstellung von Verbesserungsansätzen
- Kontaktaufbau zu weiteren Experten

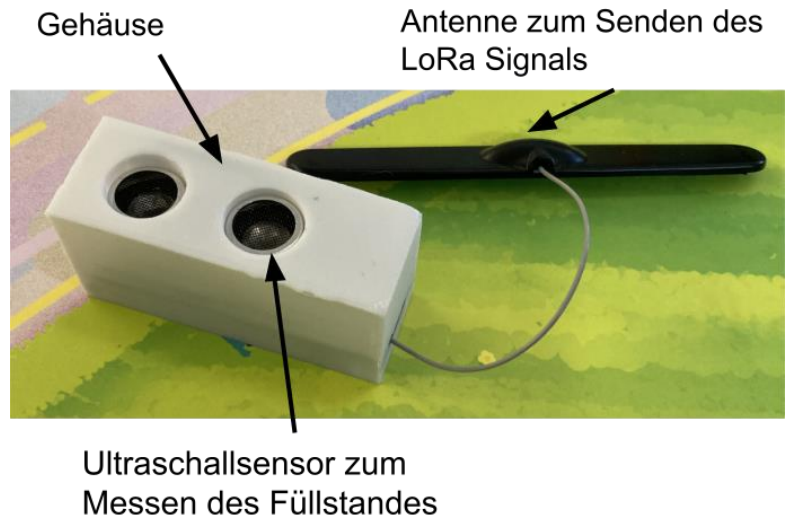


Unsere Lösung

Ziel: Kostenreduktion im Vergleich zu bestehenden Lösungen bei gleichem Nutzen

Vorteile unseres Sensors

- geringe Kosten von 20€ pro Stück (Kostensenkung um 85% - 96% gegenüber bestehenden Lösungen)
- Reduktion von unnötigen Zusatzfeatures
→ Senkung des Strombedarfs und der Kosten
- Nutzung von Energy Harvesting für Stromversorgung
→ Kein manuelles Austauschen der Akkus nötig, geringerer Wartungsaufwand
- Befestigung des Sensors mit Hilfe von Magneten
→ einfache Befestigung ohne Beschädigung des Containers möglich
- Vielfältige Nutzungsmöglichkeiten (Müllsammelstellen, Altkleidercontainer etc.)
- Nutzung auch in Containern aus Metall möglich



Funktionsweise

- Messung des Füllstands mithilfe eines Ultraschallsensors
- Senden des Füllstands, der Container - ID sowie der Uhrzeit über ein LoRa Netzwerk an Server → Anzeige auf Webinterface

Komponenten des Sensors

- Ultraschallsensor
- Arduino MKR 1300 mit LoRa
- 5V 250mAh Akku
- Elektrischer Generator mit Energieerzeugung auf Basis des Bewegens der Öffnungsklappe



Webinterface

- Anzeige des Füllstands aller Container, mit dem der Server verbunden ist
- Ermöglichung einer Routenplanung

Stromversorgung

- Nutzung von Energy Harvesting²
- Geringer Stromverbrauch (0,066 Wh pro Tag)
- Laden des Sensors über Öffnung der Klappe des Mülleimers
- Autarke Stromversorgung ohne Akkuwechsel möglich



Webinterface zum Auslesen des Sensors

² <https://www.iis.fraunhofer.de/de/ff/lv/iot-system/tech/energy-harvesting.html>



Kostenaufschlüsselung

Kosten für Prototyp (Sensor und Basisstation)

Posten	Preis
Ultraschallsensor	0.3
Arduino mit LoRa	15
Antenne	5
LoRa Hat für Raspberry Pi	24
Raspberry Pi	13
SD - Karte	9

Summe: 66,30€

Kosten Sensor: 20,30€

Kosten Server: 46€

Kosten für finalen Sensor

Posten	Preis in €
Ultraschallsensor	0.3
Mikroprozessor + PCB	3.5
Antenne	1
Akku	3
Case	0.2
Energy Harvesting Komponenten	4

Summe Material: 12 €

Mit für einfache Technologie üblichen 60% Anteil von Materialkosten an Endkosten für

Kunden: 20€ pro Sensor



Veröffentlichungen

- Präsentation des Videos vor Eltern und Lehrern
- Vorstellung unserer Lösung vor befragten Experten
- Veröffentlichungen auf Social Media
- Veröffentlichung der Lösung auf unserer Website (<https://gymnasium-ottobrunn.de/schulleben/go-robot/forschung/>)

Interviewte Experten

Patrick Moder - Infineon

- Aufklärung des Problems von Arbeitskräftemangel in Logistikbranche
- Vorstellung von bestehender Lösung automatisierten Lagerhaus Operationen
- Vorstellung des Problems "Fixe Leerung von Mülltonnen bei dynamischer Befüllung"

Florian Matiasek - Ganzheitliche Logistik Österreich

- Vorstellung von Problemen bei Gütertransport mit LKWs
- Vorstellung von Problemen bei Gütertransport mit Schiffen

Prof. Dr. J. Rod Franklin - Logistics Management

- Vorstellung beim Last Mile Delivery
- Auswirkungen von Last Mile Delivery auf Städte
- Lösungsansätze für die Verringerung der Auswirkungen von Last Mile Delivery

Stefan Schrempp - Güterverkehr, Logistik, Prognose der Verkehrsnachfrage

- Vorstellung des Problems, dass Logistikzentren häufig nicht vernetzt sind
- Problem: Erkennung von Logistikzentren auf Satellitenbildern schwierig → Anpassungen des Straßennetzes bei Planung unmöglich

Florian Dörries - Institut für Logistik und Unternehmensführung

- Allgemeiner Überblick über Probleme in der Logistikbranche

Vincent Stramer - IFW Kiel

- Vorstellung des Themas Predictive Maintenance
- Information über Verkehrsumleitungssysteme und deren Logistische Konsequenzen

Alina Raffel - Pepperl Fuchs

- Vorstellung von bestehender Lösung WILSON.sonic.level
- Vorstellung des LoRa Kommunikationsstandards
- Aufklärung über bestehende Nutzung von Füllstandssensoren



Johannes Ollech - Georg Roth Container Express GmbH

- Vorstellung NB-IoT Sensoren
- Vorstellung der Vor- und Nachteile unterschiedlicher Sensortypen
- Vorstellung von Anforderungen an Sensoren

Nina Neureiter - SLOC

- Vorstellung der SLOC Sensoren
- Aufklärung der Probleme bei der Produktion

Veith Doeven - VEGA Grieshaber KG

- Vorstellung bestehender Lösungen:
- Vorstellung der potentiellen Probleme von Vandalismus
- Vorstellung unterschiedlicher Sensor- und Übertragungsarten inkl. Vor- und Nachteile