

# G5 BLE-Position-Estimation SB

Verbesserung einer vorhandenen Arbeit

**BENJAMIN** [REDACTED]

**NORBERT** [REDACTED]

**JOOST** [REDACTED]

**YAZAR** [REDACTED]

**BM233**

**NS476**

**JR702**

**YS085**

Universität Rostock

## Gliederung

1. Motivation, Literaturrecherche und Zielstellung
2. Das bestehende System von Timon Felske
3. Hypothesen und Experimente
4. Schlussfolgerungen, Verbesserungen, Ausblick

## 1.1.1 Motivation Positionsbestimmung

### Motivation zur **Positionsbestimmung**

- Position einer Person/eines Objektes präzise ermitteln
- GPS sehr gefragt [1], hat jedoch Nachteile
  - unzuverlässig in geschlossenen Räumen
  - ungenau
- genaue Indoor Positionsbestimmung von Relevanz
  - Museen
  - Lagerhäusern
  - Mienen

## 1.1.2 Motivation BLE

WiFi Technologie? [1]

Gibt weiteren Ansatz: BLE (Bluetooth Low Energy) [2]

- einfacher
- genauer
- energieeffizienter

## 1.2 Literaturrecherche I

folgen Methodik von Kitchenham

### Suchphrasen

- "Improving Position Estimation with Machine Learning over Bluetooth"
- "BLE location tracking"
- "machine learning on BLE beacons"
- "Accuracy Position Estimation BLE"

### Suchmaschinen

Google Scholar, ACM digital library, IEEE Xplore, Springer link

## 1.2 Literaturrecherche II

### Auswahl

#### 1. Preselection

- grobes Filtern der Daten

#### 2. Selection

- überfliegen der Paper + schärfere Kriterien

#### 3. Comparison Table

- Erstellen der Tabelle

#### 4. Final Selection

- Auswertung der verbleibenden Paper

## 1.2 Literaturrecherche III

Quelle	Anzahl der Referenzen	Methode	Genauigkeit der Messung
Google Scholar	114	template matching	95% of correct estimation rate and complete separation that a device is in a room or not
Google Scholar	53	kalman filter, fingerprinting,	improve the accuracy up to 53.64% and
Google Scholar	32	multiple filtering techniques	0.27 ~ ~1m
Google Scholar	9	template matching	2.4m
Springer link	4	BLE fingerprinting and	2-3 meters
IEEE Xplore	2	weighted centroid	3.08m
IEEE Xplore	1	trilateration, fingerprinting,	1.24 m
IEEE Xplore	0	RSSI, DNN	0.439m
IEEE Xplore	0	RSSI, combination fingerprint and particle filter	1.71m average error
IEEE Xplore	0	Fingerprinting technique	0.86 m
IEEE Xplore	0	RSSI, DNN	0.439 m and 0.991 m
Google Scholar	34	indoor raster floor map with	0.4m / 0.9m

Abbildung: Beispiel der Literaturreviewtabelle

## 1.3 Zielstellung I

**Initiale Idee:** wollen System **irgendwie** verbessern

- verschiedene Parameter ausprobieren
- Einrichtungszeit verkürzen durch bessere Vorverarbeitung

**Nach Literaturrecherche:**

- sehr viele verschiedene Ansätze in Literatur
- Experimentaufbau unterscheidet sich stark
- stark abweichende Genauigkeit (2m bis wenige cm) [3], [4]
- Unstimmigkeiten Yazar (nur innerhalb von Groundtruth)



## 1.3 Zielstellung II

### Resultierende Hypothesen klären

1. Die Genauigkeit der Messung steigt linear mit der Erhöhung der Groundtruthpunkte pro Quadratmeter.
2. Die Genauigkeit der Messung von Bewegungen außerhalb der von **BLE-Beacons** umschlossenen Fläche sinkt mindestens um den Faktor  $\frac{\text{Weg ausserhalb der umschlossenen Flaeche}}{\text{Gesamtweg}}$ .
3. Die Genauigkeit der Messung von Bewegungen außerhalb der von **Groundtruth** umschlossenen Fläche, sinkt mindestens um den Faktor  $\frac{\text{Weg ausserhalb der umschlossenen Flaeche}}{\text{Gesamtweg}}$ .

## Gliederung

1. Motivation, Literaturrecherche und Zielstellung
2. Das bestehende System von Timon Felske
3. Hypothesen und Experimente
4. Schlussfolgerungen, Verbesserungen, Ausblick

## 2.1 Hardware und Software

- 30 BLE Beacons von Texas-Instruments → Senden Pings mit ihrer MAC-Adresse aus
- Huawei Watch 2 → Mit App von Timon Felske zur Aufzeichnung der Pings
- "Sensor-Tag development kit" von Texas Instruments → Programmierung der Beacons
- Auswertungssoftware von Timon Felske (HMM basiertes Filtering)

## 2.1 Hardware und Software



Abbildung: Ein BLE Beacon

## 2.2 Aufbau und Messung

- 1.: Beacons werden möglichst gleichmäßig an der zu messenden Strecke verteilt

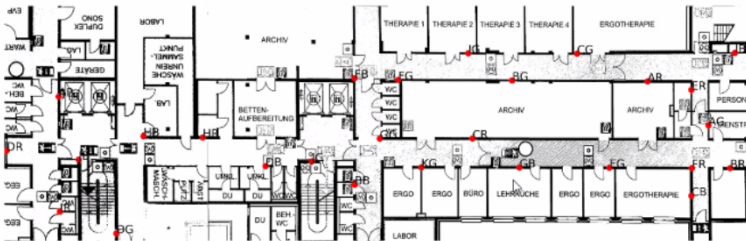


Abbildung: Positionierung der Beacons im DZNE

## 2.2 Aufbau und Messung

- 2.: Es wird entlang des Weges Groundtruth aufgenommen



**Abbildung:** Positionierung der Groundtruth bei Messungen im DZNE

## 2.2 Aufbau und Messung

- 3.: Ein Weg wird aufgezeichnet



Abbildung: Tatsächlich gelaufener Weg

## 2.3.1 Auswertung mit der Software - Voraussetzung

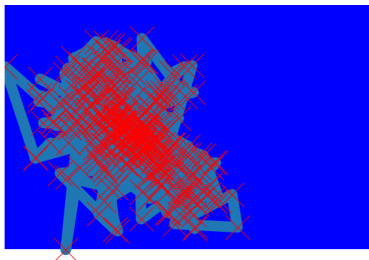
- Ein PNG mit Maßstab 1Px = 1cm mit einem Lageplan
- Selbes PNG mit Marker für begehbare Bereiche (rot gefüllt)
- Erforderliche Daten als CSV:
  - Aufnahmezeiten der Groundtruth
  - Standorte der Groundtruth-Punkte
  - Standorte der Beacons
  - Zuordnung der MACs zu Beacon IDs (Um Beaconstandorte zuzuordnen)
  - Aufgezeichnete RSSI Daten von der Uhr



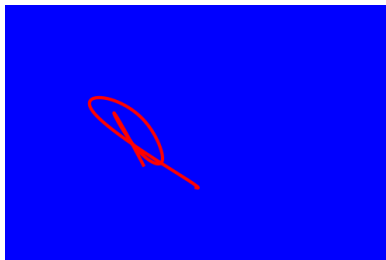


### 2.3.3 Auswertung mit der Software - Funktionsweise

- 1. Positionen werden anhand der GT-Datenbank interpoliert und ergeben die Raw Estimates
- 2. Weg wird mithilfe eines HMMs (Zellen nur innerhalb der roten Bereiche im PNG) geglättet



Raw Estimates



Splines nach Glättung im HMM

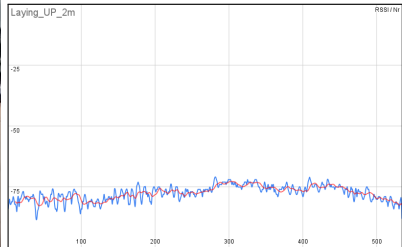
## Gliederung

1. Motivation, Literaturrecherche und Zielstellung
2. Das bestehende System von Timon Felske
- 3. Hypothesen und Experimente**
4. Schlussfolgerungen, Verbesserungen, Ausblick

## Grundlage - gleichmäßiges Abstrahlen der Beacons



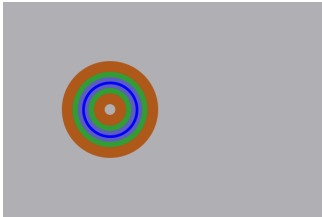
RSSI Werte aufnehmen



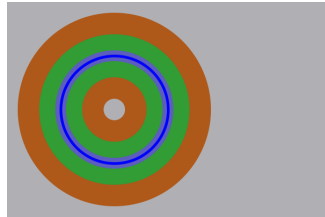
Signaltärke über Zeit

## Genauigkeit messen

### stufenweise Pixelgenauigkeit - Heuristik



Stufenweise Abschattung  
für 1 m Radius

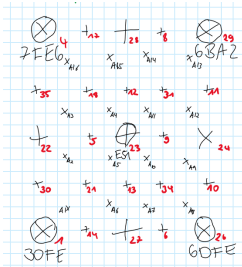


Stufenweise Abschattung  
für 2 m Radius

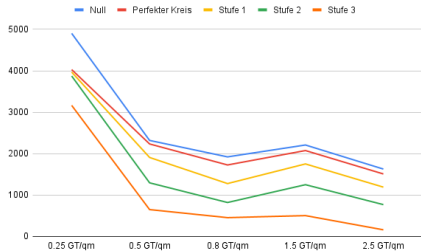
## Hypothese 1

Die Genauigkeit der Messung steigt linear mit der Erhöhung der Groundtruthpunkte pro Quadratmeter.

- Aufbau: 16 qm - 41 GT Punkte
- Durchführung: Mittig 1m/2m Kreistradius gelaufen
- Auswertung: Unterschiedlich viele GT Punkte einbeziehen
- Fazit: Keine Linearität aber logarithmisches Wachstum (der Genauigkeit)



Gesamte aufgenommene Groundtruth

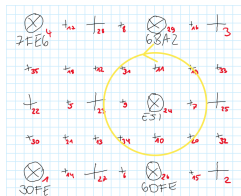
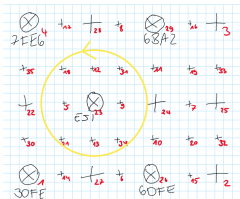


Fehler sinkt logarithmisch bei mehr GT

## Hypothese 2

Die Genauigkeit der Messung von Bewegungen außerhalb der von BLE-Beacons umschlossenen Fläche sinkt mindestens um den Faktor  $\frac{\text{Weg ausserhalb der umschlossenen Fläche}}{\text{Gesamtweg}}$ .

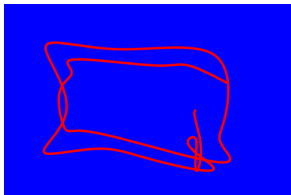
- Aufbau: 24 qm - 35 GT Punkte



- Durchführung: 1m/2m Kreistradius um Beacon E51 gelaufen



- Auswertung: Heuristikmethode und visueller Formvergleich



E51 im von Beacons eingeschlossenen Bereich



E51 auf der Außenkante des eingeschlossenen Bereichs

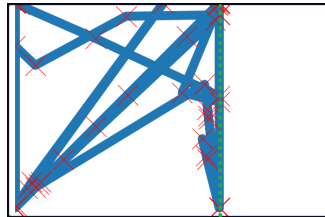
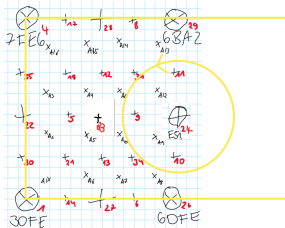
- Fazit:
  - Heuristikmethode nicht immer anwendbar, keine Genauigkeitsveränderung messbar
  - Formen verzerrt durch verlassen des Beacon-polygons

## Hypothese 3

Die Genauigkeit der Messung von Bewegungen außerhalb der von Groundtruth umschlossenen Fläche, sinkt mindestens um den Faktor  $\frac{\text{Weg ausserhalb der umschlossenen Flaeche}}{\text{Gesamtweg}}$ .

- Nicht das selbe
- Aufbau: 24 qm - 25 GT Punkte nur auf den ersten 16 qm
- Durchführung: 1m/2m Kreistradius um Beacon E51 gelaufen wie bevor

- Auswertung: visuell



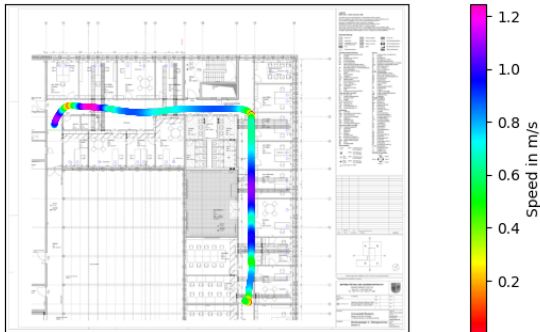
- Fazit: Kein verlassen des Groundtruth-Polygons

## Experiment im KZH

### quasi Bonustrack

- Aufbau: 53 GT Punkte im Gang
- Durchführung: den Gang entlang laufen
- Auswertung: visuell
- Fazit: Mehr Groundtruth nicht immer besser

Path with color coded speed



## Gliederung

1. Motivation, Literaturrecherche und Zielstellung
2. Das bestehende System von Timon Felske
3. Hypothesen und Experimente
4. Schlussfolgerungen, Verbesserungen, Ausblick

## 4.1 Schlussfolgerung

- Keine Linearität aber logarithmisches Wachstum (der Genauigkeit)
  - mehr Groundtruth hilft nur bis zu gewissem Punkt
- Formen verzerrt durch verlassen des Beacon-Polygons
  - Fläche sollte von Beacons umschlossen werden
- Formen verzerrt durch verlassen des Groundtruth-Polygons
  - Fläche sollte von Groundtruth umschlossen werden
- KZH-Experiment
  - In engen Gängen bzw. Flächen mit wenig Spielraum kann sich einiges an Groundtruth gespart werden
- *rightarrow* Das Haus

## 4.1 Schlussfolgerung

- Fazit: Starker Zusammenhang zwischen Positionierung und Anzahl der Beacons/Groundtruth und der Genauigkeit



## 4.2 Verbesserungen

- vorher:
  - viele Parameter in verschiedensten Dateien, in vielen Ordnern und Unterordnern, ändern
- jetzt:
  - System um eine zentrale einheitliche Config-Datei erweitert
  - → nur noch eine Datei in der Änderungen vorgenommen werden müssen

## 4.2 Verbesserungen

- vorher:
  - eigene Daten in verschiedenste Ordner kopieren
- jetzt:
  - Daten nur noch in einen bestimmten Ordner kopieren

## 4.2 Verbesserungen

- vorher:
  - viele Teil-Anleitungen in Unterordnern versteckt
  - auch unvollständige Teil-Anleitungen
- jetzt:
  - nur noch eine zentrale Hauptanleitung

## 4.2 Verbesserungen

- vorher:
  - Probleme mit install-Datei
  - Bibliotheken mussten manuell nachgeladen werden
  - deshalb bei mehrfacher ausführung mehrfach heruntergeladen
- jetzt:
  - funktionierende install-Datei
  - Bibliotheken werden ordentlich eingebunden

## 4.3 Ausblick

- System wurde insgesamt nutzungsfreundlicher gemacht  
→ somit Veränderungen leichter implementierbar
- andere Methoden haben in versch. Situation Potential das System noch genauer zu machen
- oder Parameter verändern (Windowsize, K (von KNN), usw.)

## Referenzen I

- [1] Joonghong Park, Jaehoon Kim und Sungwon Kang.  
„BLE-Based Accurate Indoor Location Tracking for Home and Office“. In: Computer Science & Information Technology ( CS & IT ) (). URL:  
[https://www.academia.edu/19822409/BLE\\_BASED\\_ACCURATE\\_INDOOR\\_LOCATION\\_TRACKING\\_FOR\\_HOME\\_AND\\_OFFICE](https://www.academia.edu/19822409/BLE_BASED_ACCURATE_INDOOR_LOCATION_TRACKING_FOR_HOME_AND_OFFICE).
  
- [2] Ladislav Polak u. a. „Received Signal Strength Fingerprinting-Based Indoor Location Estimation Employing Machine Learning“. en. In: Sensors 21.13 (Jan. 2021), S. 4605. DOI: [10.3390/s21134605](https://doi.org/10.3390/s21134605). URL:  
<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/13/4605>.

## Referenzen II

- [3] Edward Sykes und Abdul Mustafa. „Enhancing micro-location accuracy for asset tracking: An evaluation of 2 fingerprinting approaches using 3 machine learning algorithms“. In: Okt. 2021.
- [4] Yadi Wu, Senlin Cheng und Xiaohao Yan. „Study on Improved Algorithm of RSSI Correction and Location in Mine-well Based on Bluetooth Positioning Information“. In: Proceedings of the 4th International Conference on Computer Science and Application Engineering. CSAE 2020. Sanya, China: Association for Computing Machinery, Okt. 2020, S. 1–6. ISBN: 9781450377720. DOI: [10.1145/3424978.3425131](https://doi.org/10.1145/3424978.3425131). URL: <https://doi.org/10.1145/3424978.3425131> (besucht am 15.11.2021).