

Entwicklung und Evaluation von Lokalisierungssystemen mit 2,4 GHz LoRa

Von: Nico Peterson

Motivation

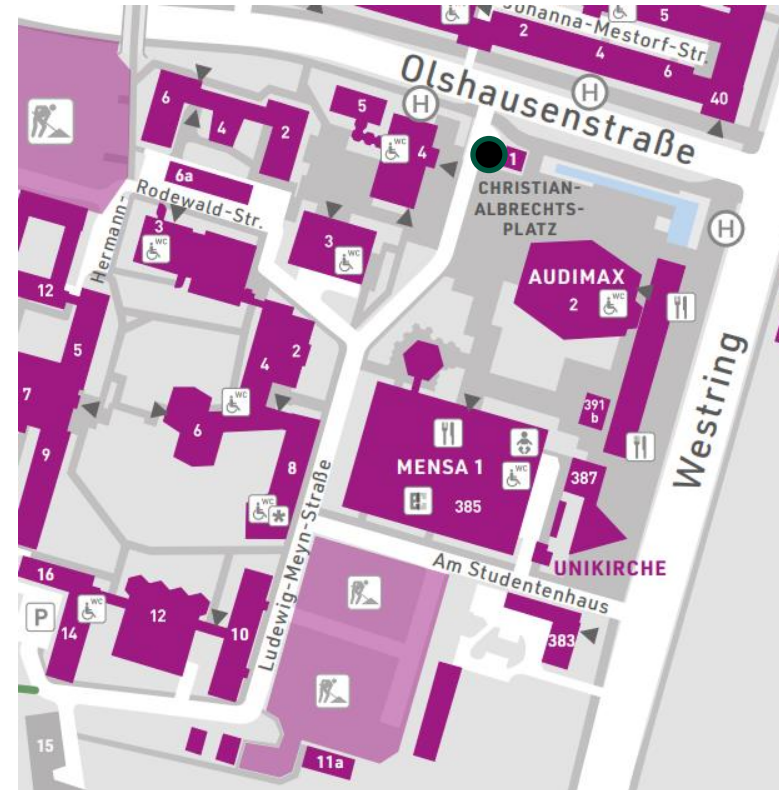
Motivation

- Wo bin ich?



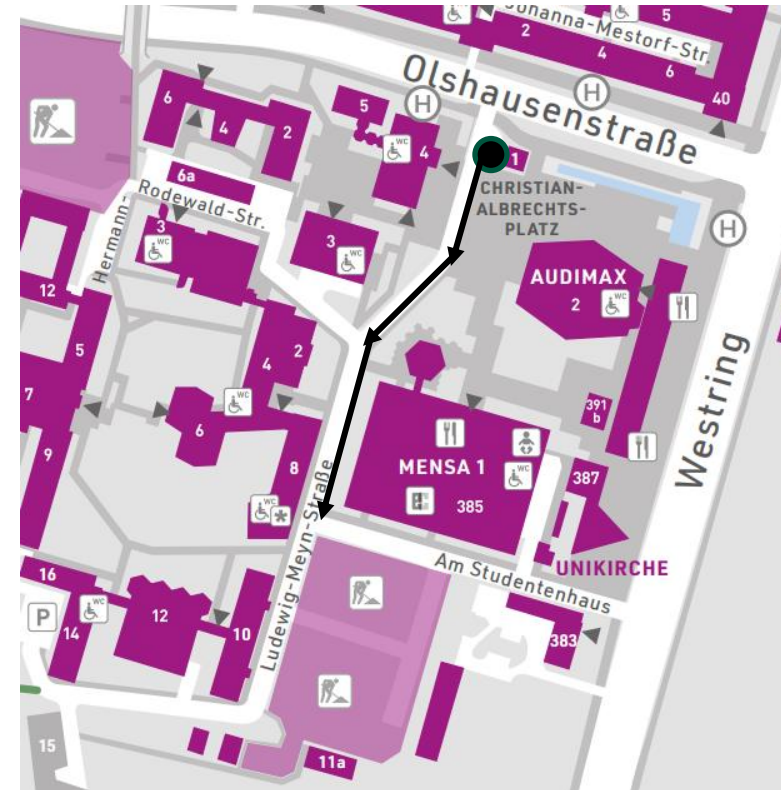
Motivation

- Wo bin ich?



Motivation

- Wo bin ich?
- Wo bin ich in einem Gebäude?



Ziele der Arbeit

- Lokales System zur Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden

Ziele der Arbeit

- Lokales System zur Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden
- Einbinden von Kalibrierungsmethoden an die Umwelt um Fehler zu minimieren

Ziele der Arbeit

- Lokales System zur Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden
- Einbinden von Kalibrierungsmethoden an die Umwelt um Fehler zu minimieren
- Testen des Systems unter Real World Conditions in der Uni

Ziele der Arbeit

- Lokales System zur Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden
- Einbinden von Kalibrierungsmethoden an die Umwelt um Fehler zu minimieren
- Testen des Systems unter Real World Conditions in der Uni
- Anschließende Evaluation der Genauigkeit

Background

Was ist LoRa

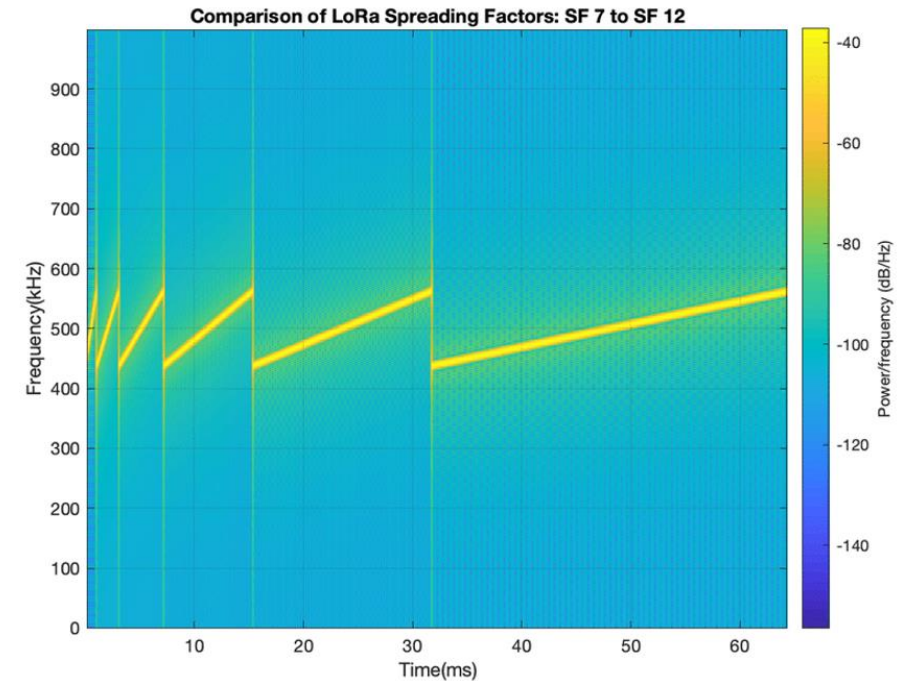
- Übertragungsstandard

Was ist LoRa

- Übertragungsstandard
- LoRa = Long Range

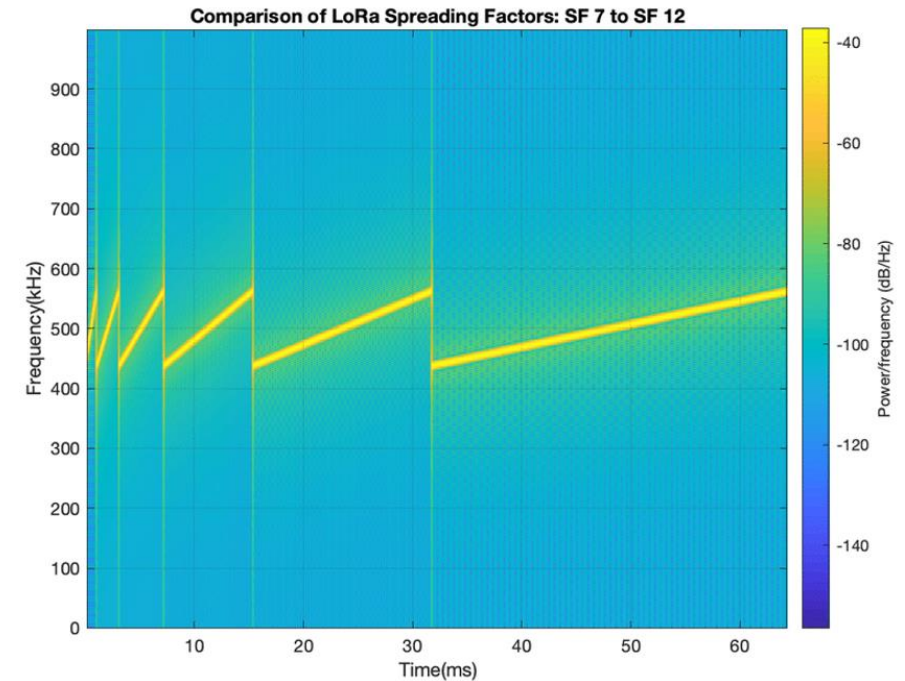
Was ist LoRa

- Übertragungsstandard
- LoRa = Long Range
- LoRa Parameter (Spreading Factor, Bandbreite)

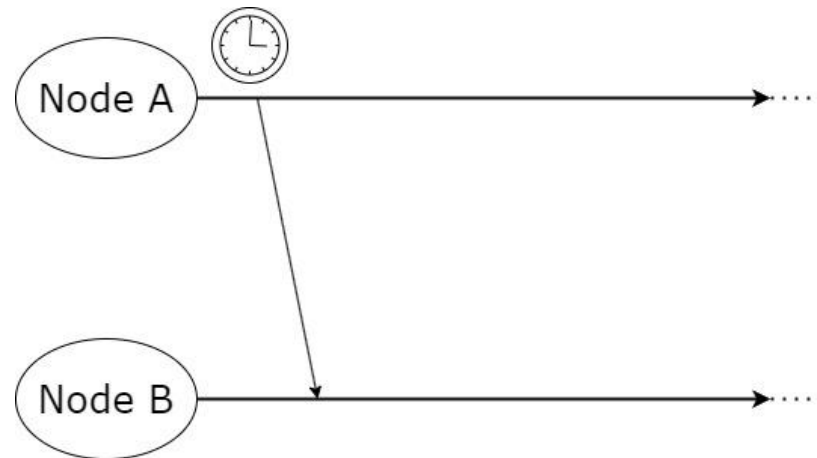


Was ist LoRa

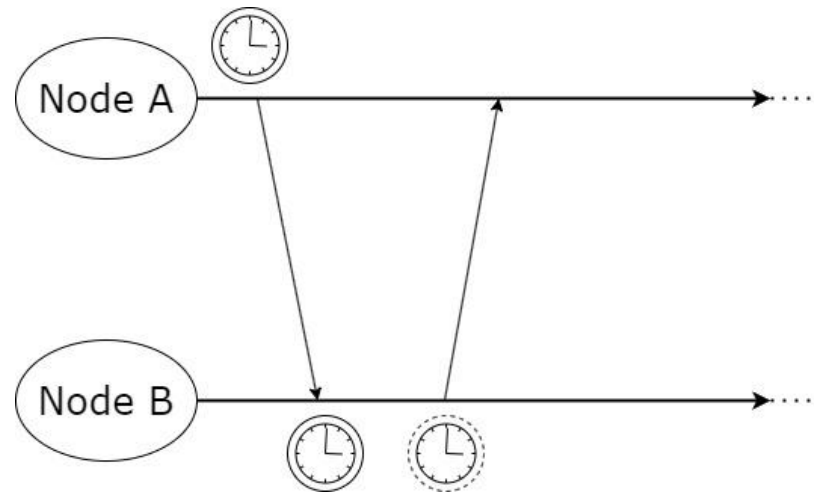
- Übertragungsstandard
- LoRa = Long Range
- LoRa Parameter (Spreading Factor, Bandbreite)
- Verschiedene Frequenzen verwendbar



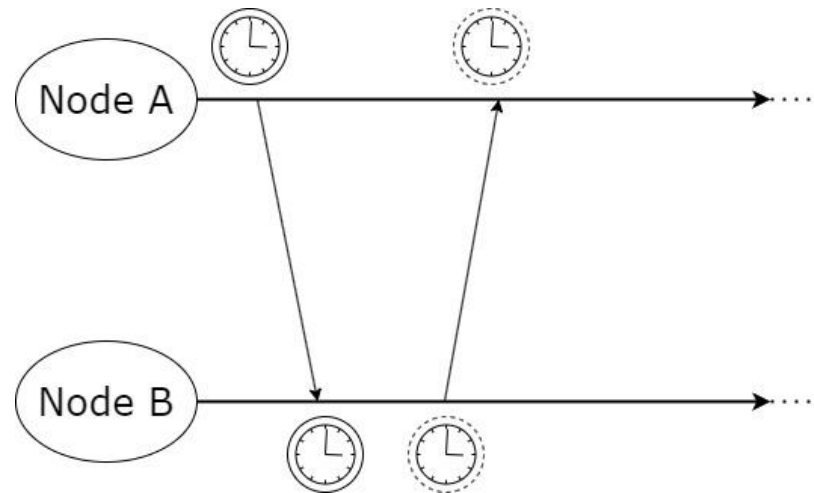
LoRa Ranging



LoRa Ranging

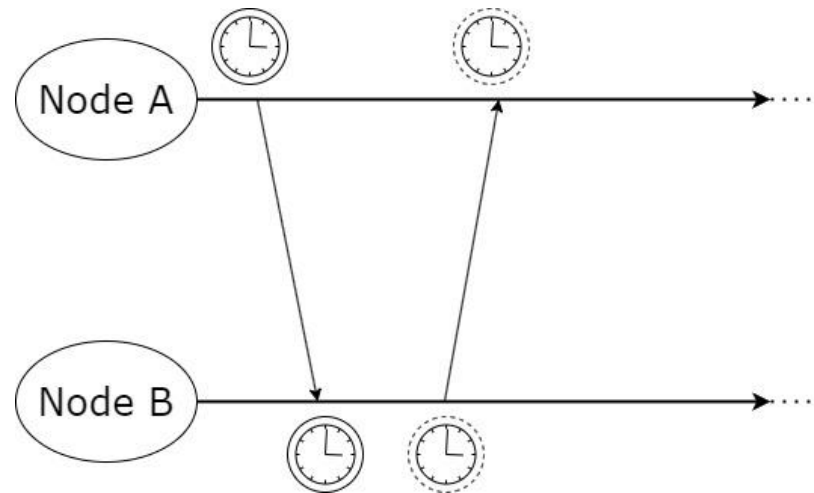
 T_B

LoRa Ranging



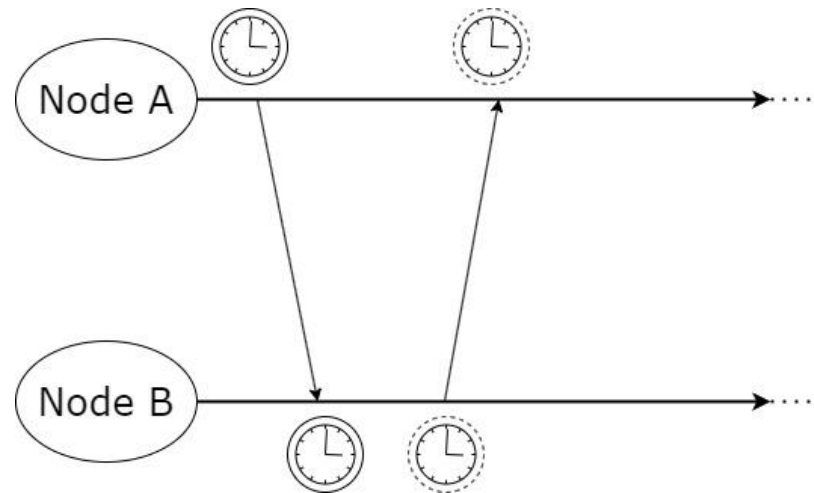
$$T_A - T_B$$

LoRa Ranging



$$\frac{T_A - T_B}{2}$$

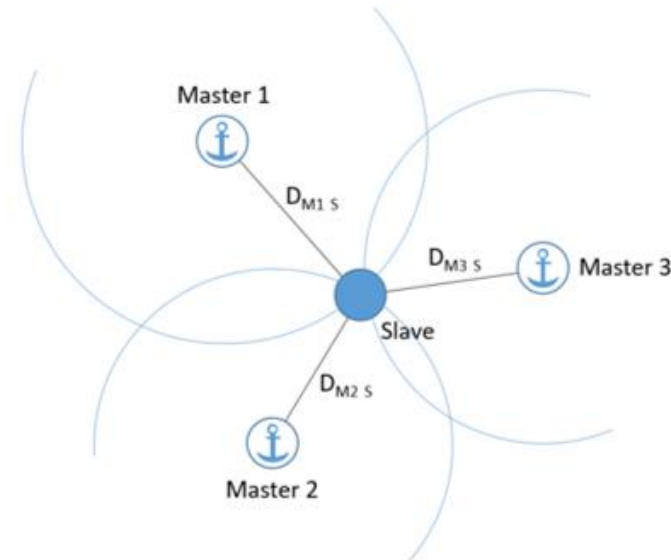
LoRa Ranging



$$d = \frac{T_A - T_B}{2 \cdot c}$$

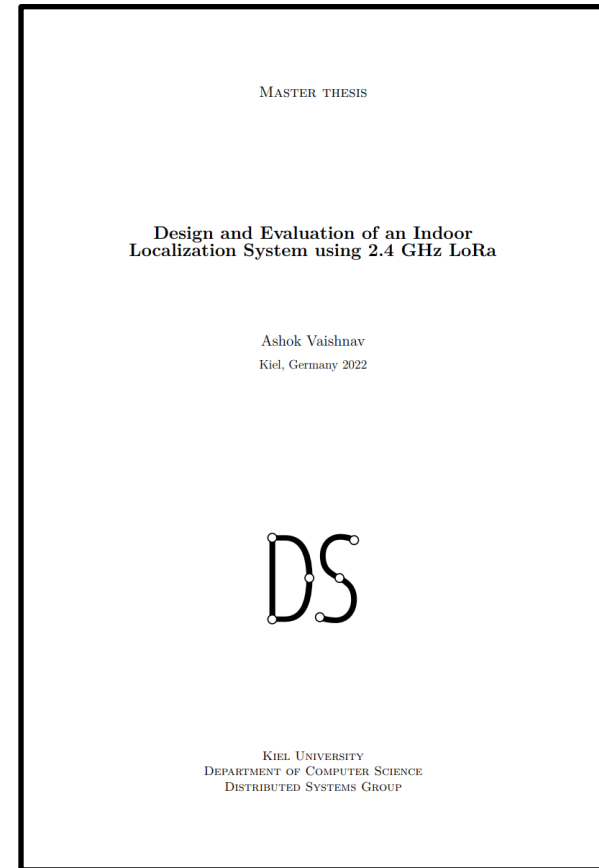
Trilateration

- Verwendet von GPS
- Anchor Umfeld



Trilateration

- Verwendet von GPS
- Anchor Umfeld
- Masterarbeit Vergangenes Jahr



Gradient Descent

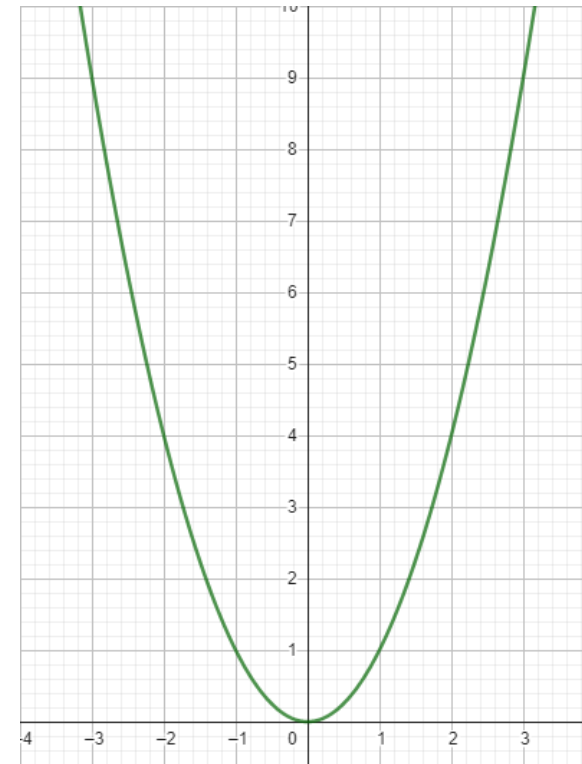
- Optimierungs Algorithmus

Gradient Descent

- Optimierungs Algorithmus
- Fehlerfunktion
- Eingabe Parameter

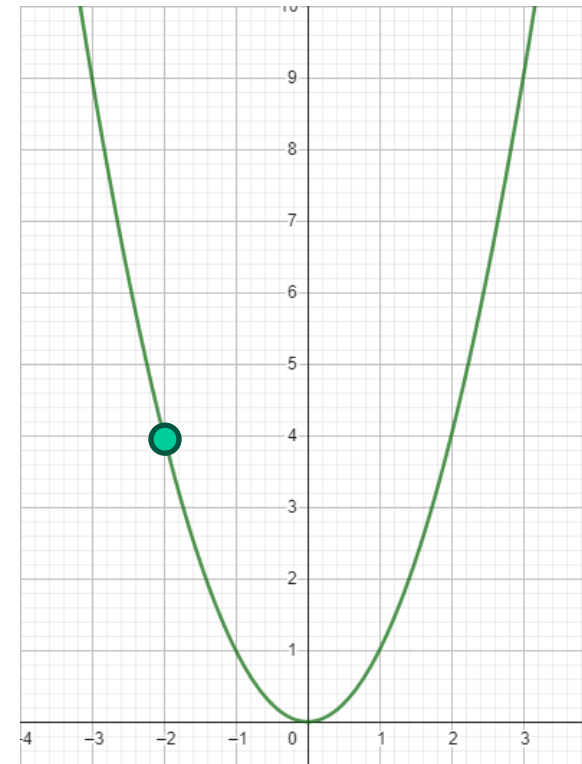
Gradient Descent

- Optimierungs Algorithmus
- Fehlerfunktion
- Eingabe Parameter
- Learning Rate



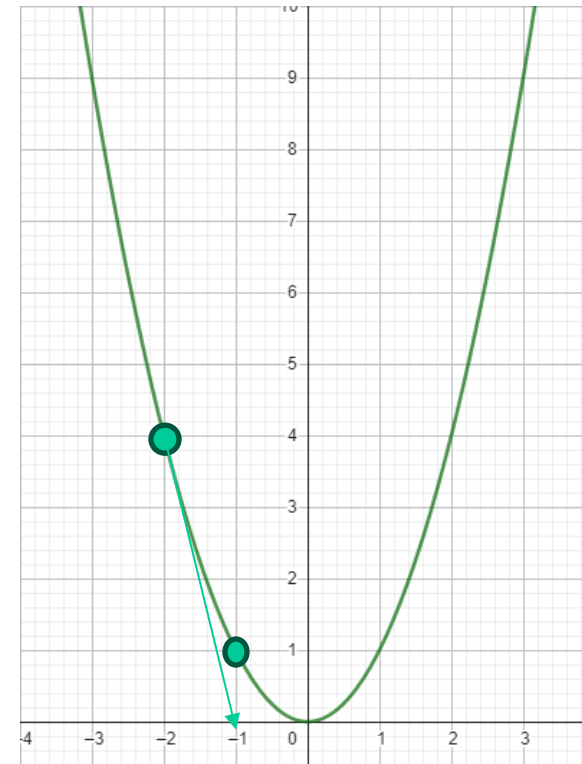
Gradient Descent

- Optimierungs Algorithmus
- Fehlerfunktion
- Eingabe Parameter
- Learning Rate

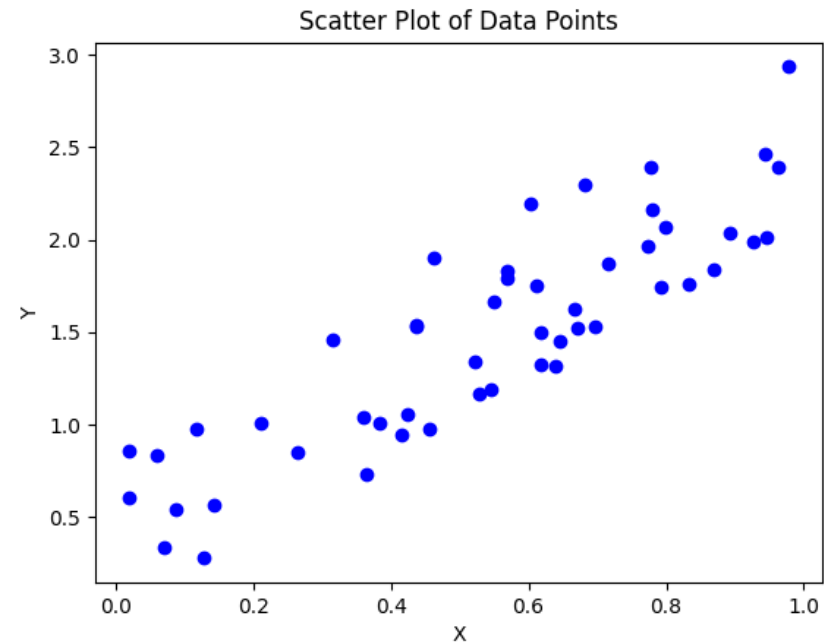


Gradient Descent

- Optimierungs Algorithmus
- Fehlerfunktion
- Eingabe Parameter
- Learning Rate = 1

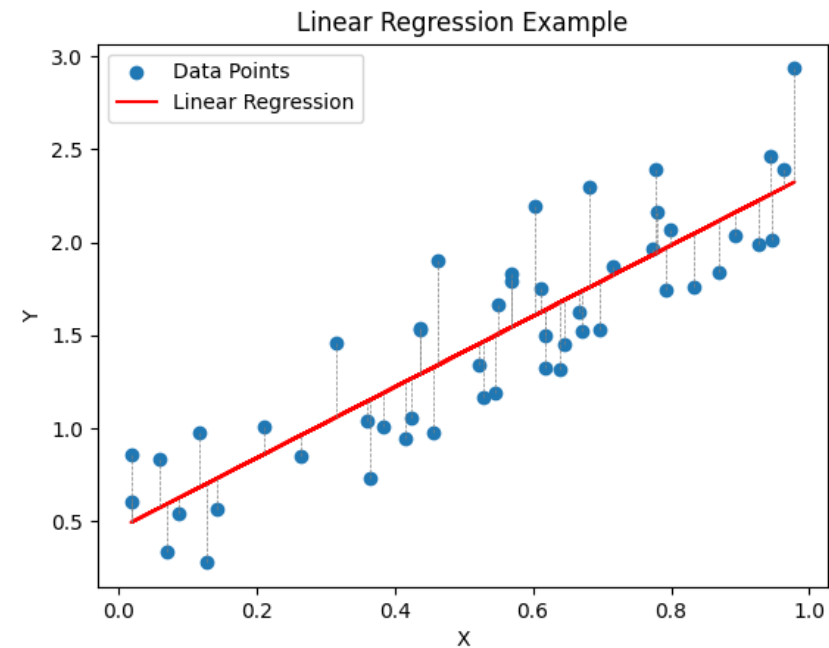


Linear Regression



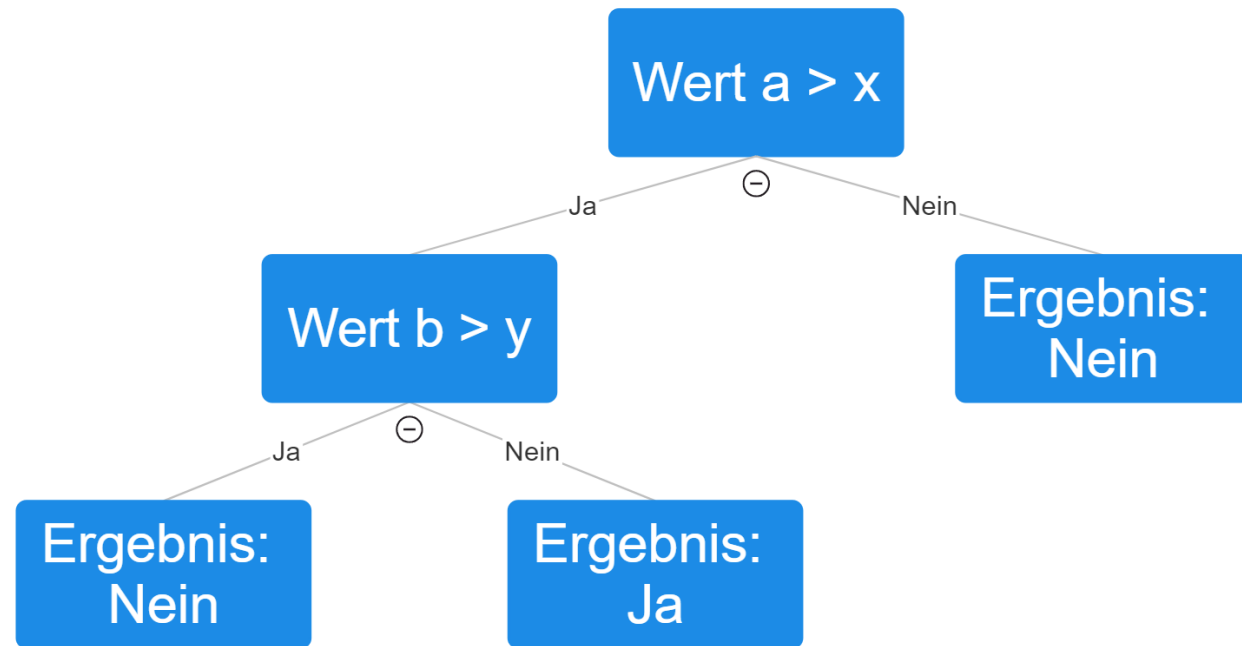
Linear Regression

- Lineare Funktion
- Ziel: Approximation zukünftiger Werte



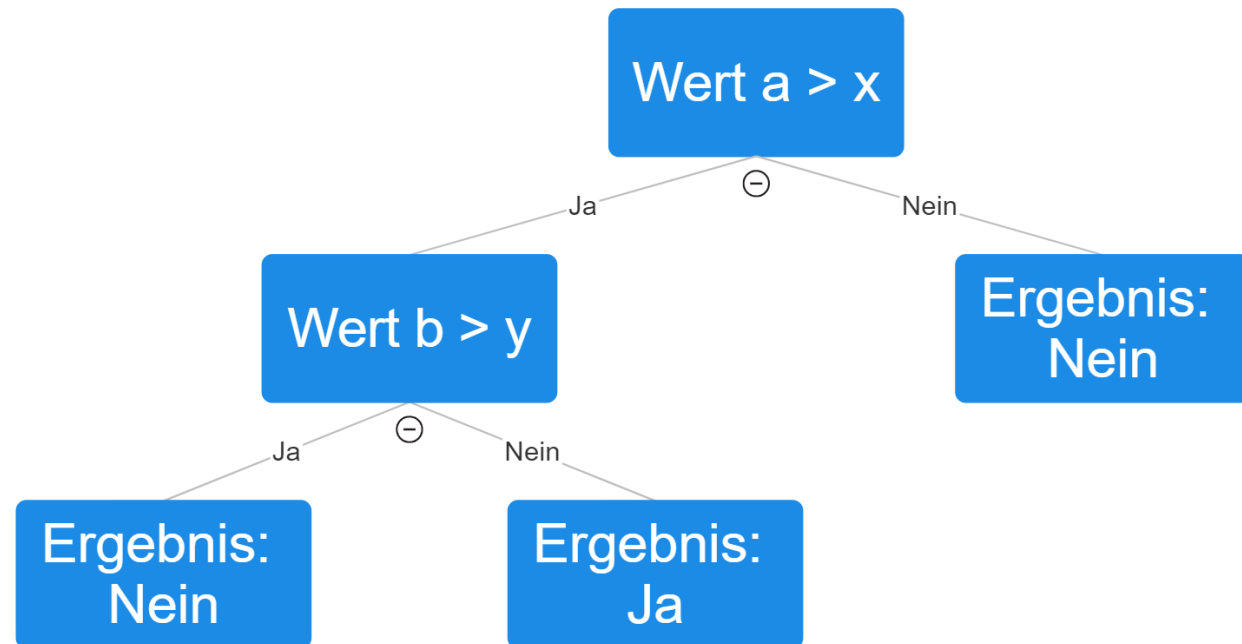
Random Forest

- Entscheidungsbaum



Random Forest

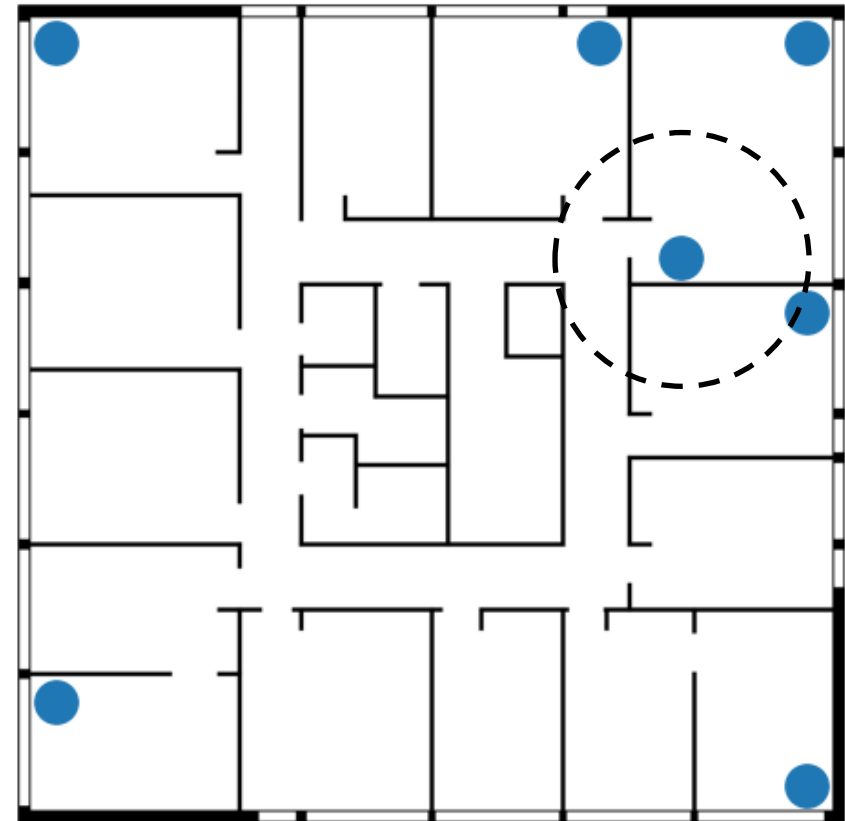
- Entscheidungsbaum
- Random Forest
 - Mehrere zufällige Entscheidungsbäume



Design

Design

- Anchor Nodes (Position bekannt)
- Mobile Node (Messungen zu allen Ankerpunkten)
- Gradient Descent zur Positionsbestimmung



Gradient Descent Design

- 2-Dimensionale Fehlerfunktion

Gradient Descent Design

- 2-Dimensionale Fehlerfunktion
- Sum of Squares Errors

Gradient Descent Design

- 2-Dimensionale Fehlerfunktion
- Sum of Squares Errors

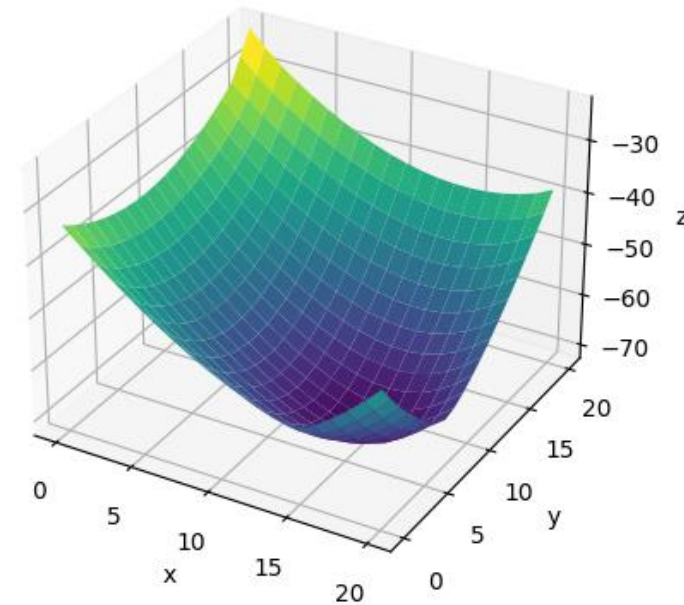
$$f(x, y) = \sum_{i=0} (|m_i - d_i|^2)$$

Gradient Descent Design

- 2-Dimensionale Fehlerfunktion
- Sum of Squares Errors

$$f(x, y) = \sum_{i=0} (|m_i - d_i|^2)$$

$$f(x, y) = \sum_{i=0} (|m_i - \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}|^2)$$

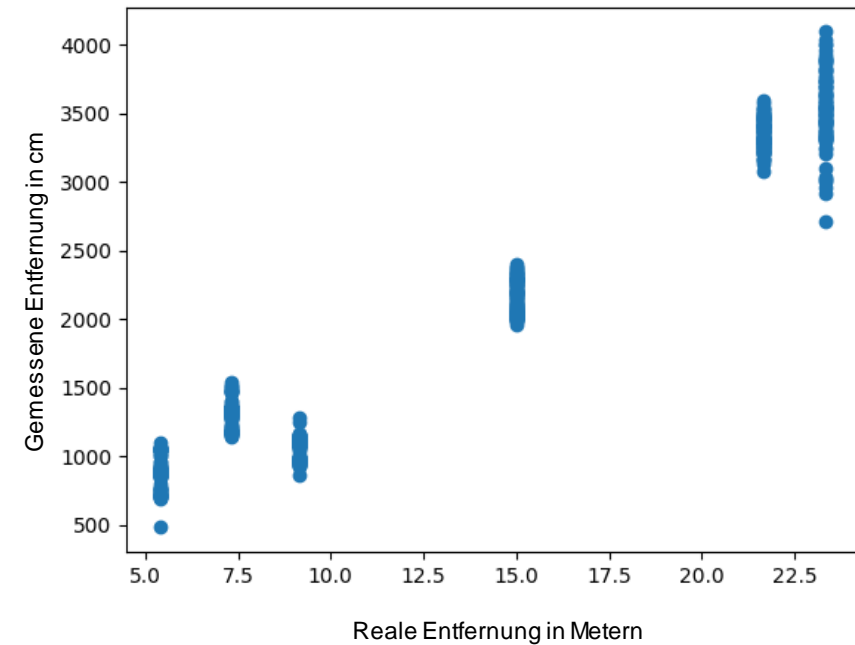


Problem LoRa Non-Line-of-Sight

- Durch typische Gebäude Aufteilung

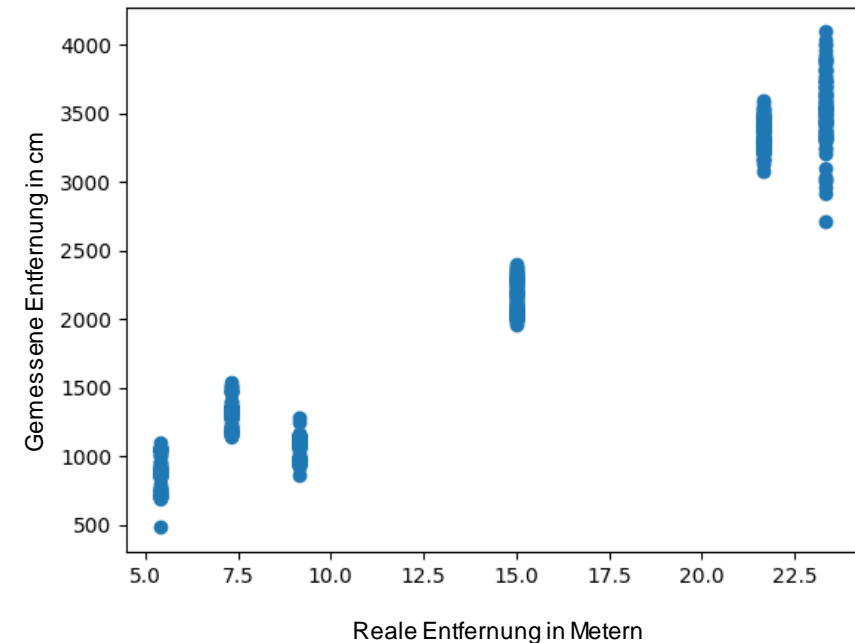
Problem LoRa Non-Line-of-Sight

- Durch typische Gebäude Aufteilung
- Korrektur Faktor
 - Pro Anchor



Problem LoRa Non-Line-of-Sight

- Durch typische Gebäude Aufteilung
- Korrektur Faktor
 - Pro Anchor
 - Lineare Regression
 - Random Forest Regression
 - Nicht nur Entfernung als Parameter

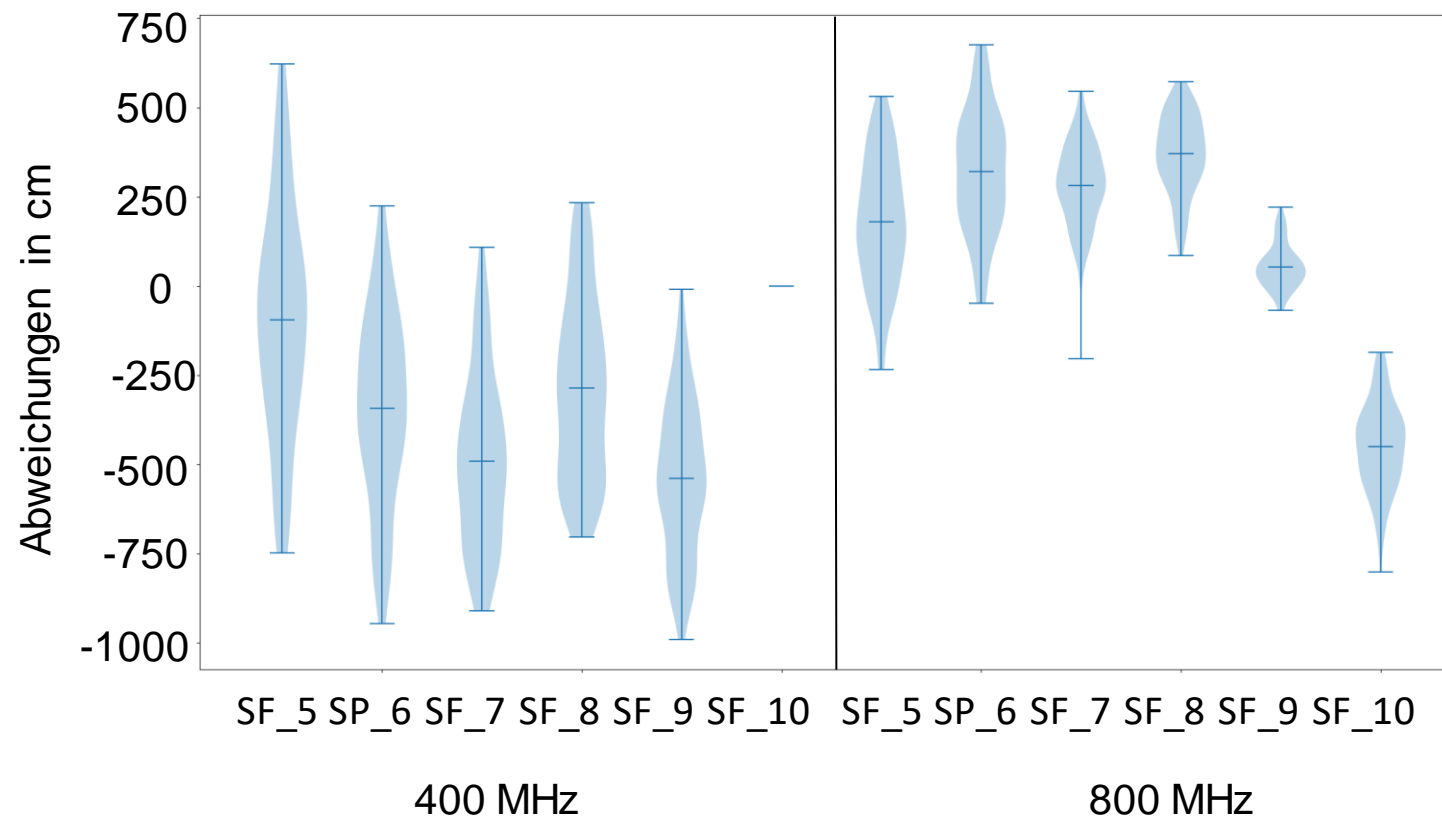


Systemablauf

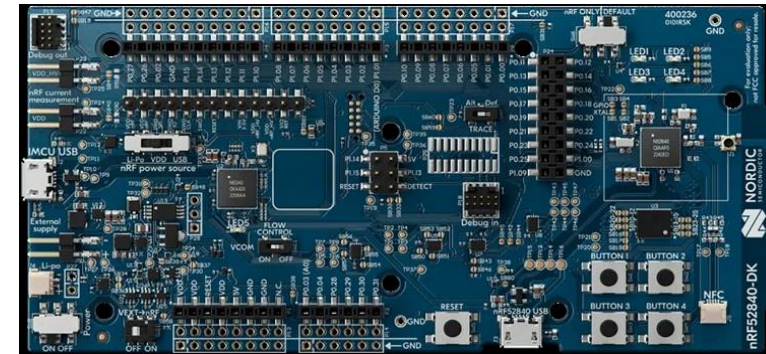
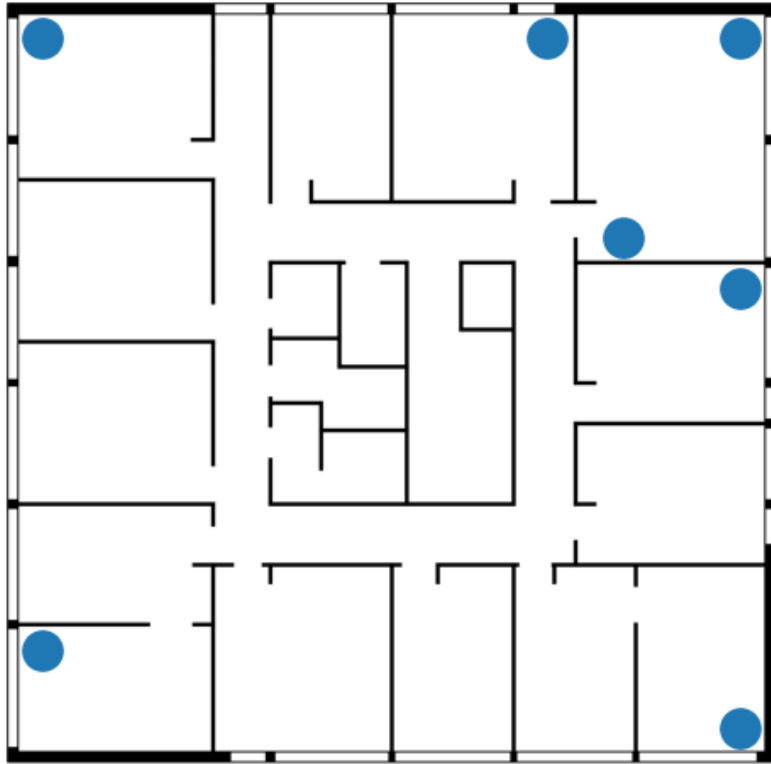


Evaluation

Evaluation LoRa Parameter

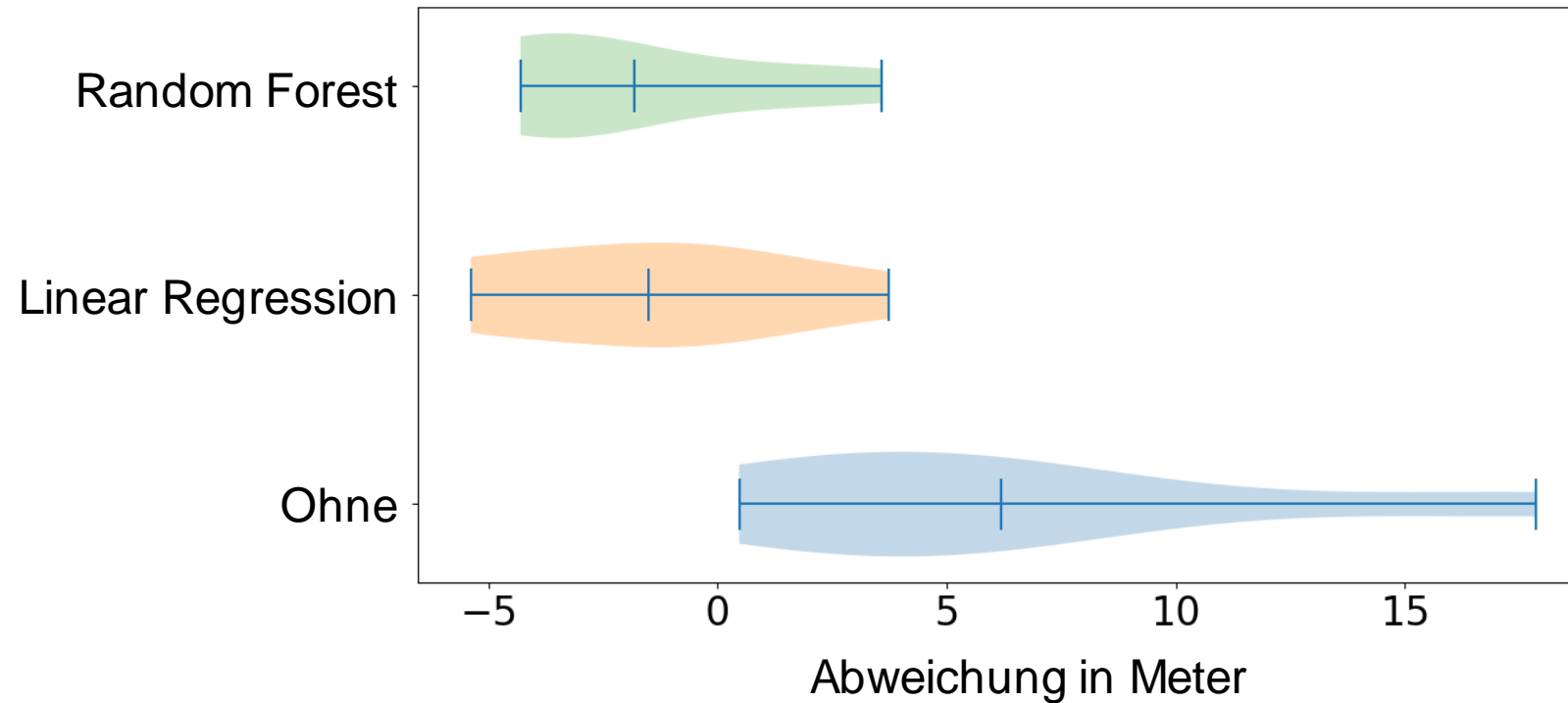


Evaluation Testbed



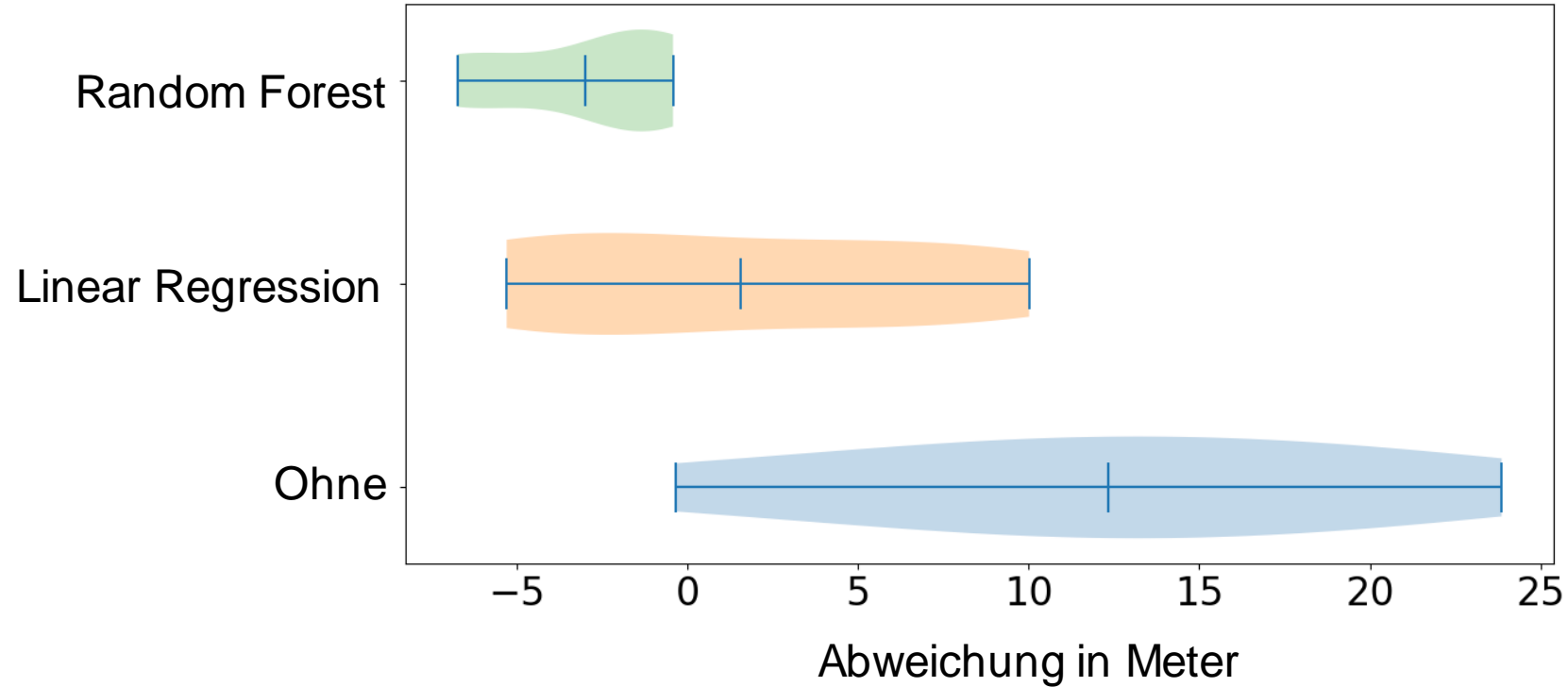
Evaluation Korrekturfaktor

Dichtes Anchor Umfeld



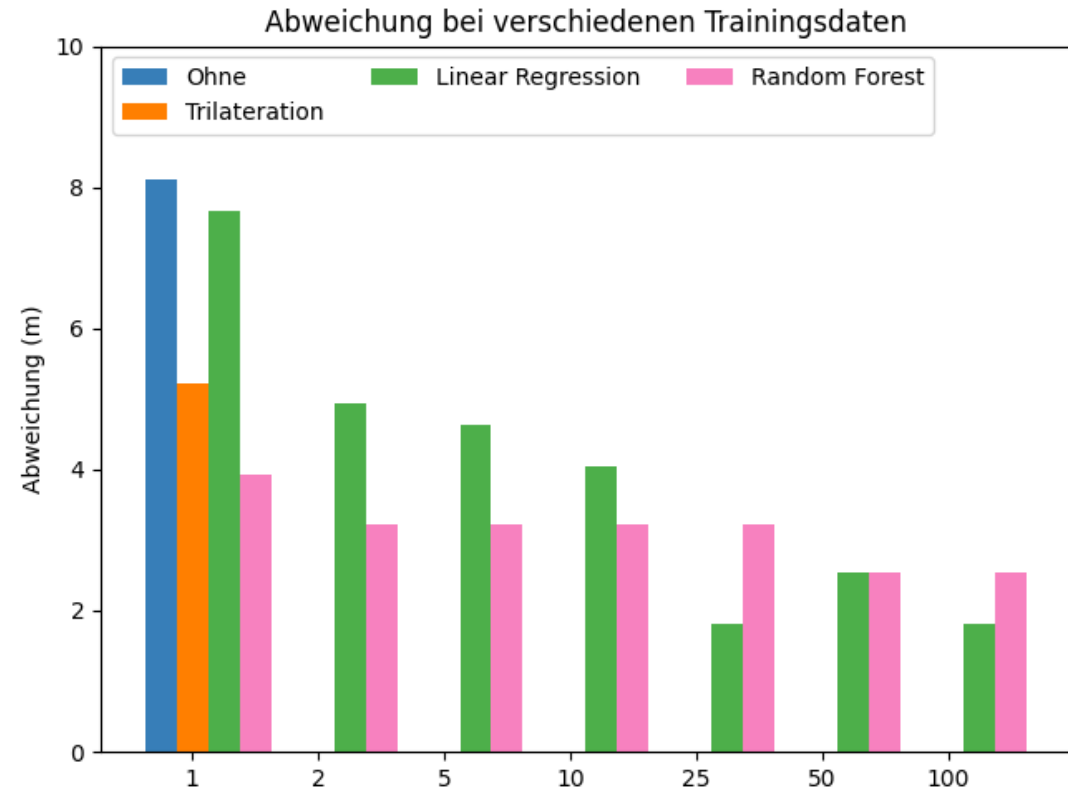
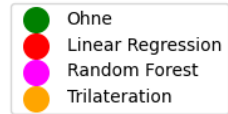
Evaluation Korrekturfaktor

Alleinstehende Node



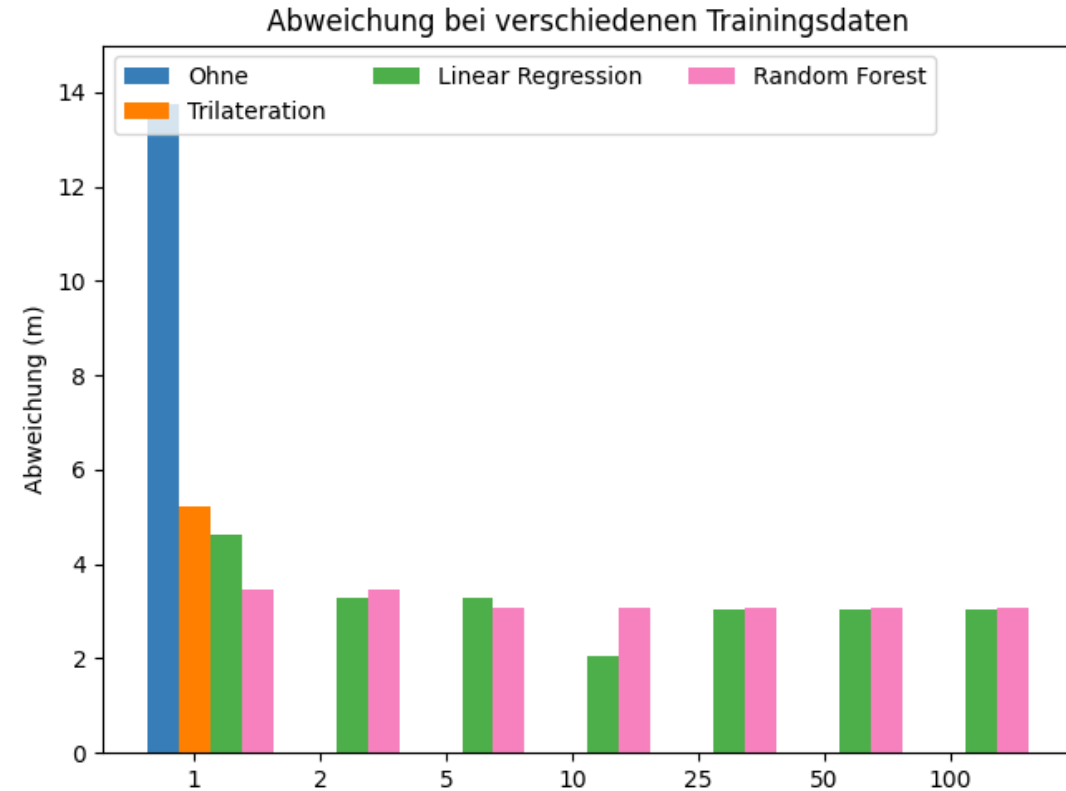
Evaluation Lokalisierung

Dichtes Anchor Umfeld



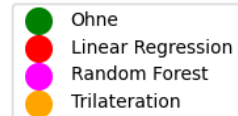
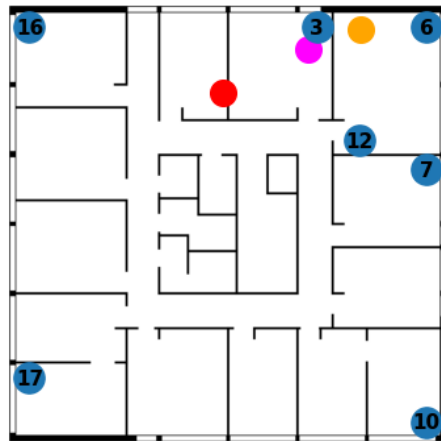
Evaluation Lokalisierung

Alleinstehende Node

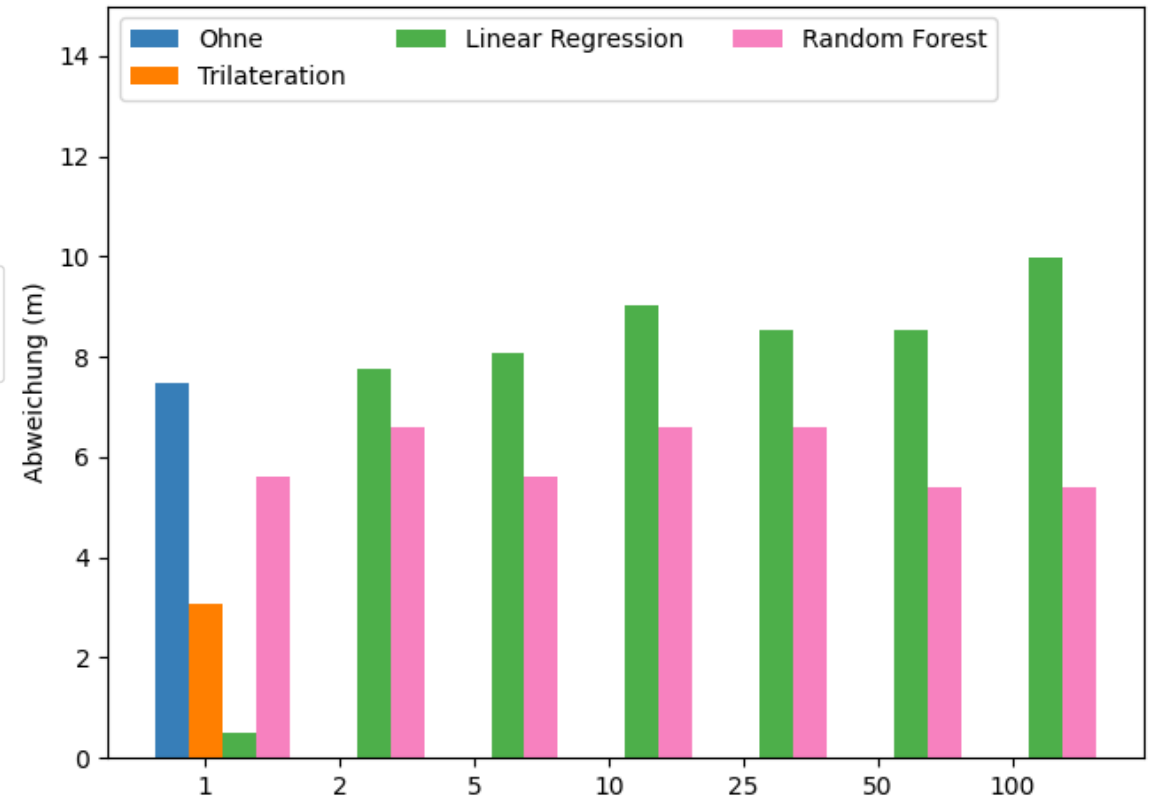


Evaluation Lokalisierung

Hohe Interferenz

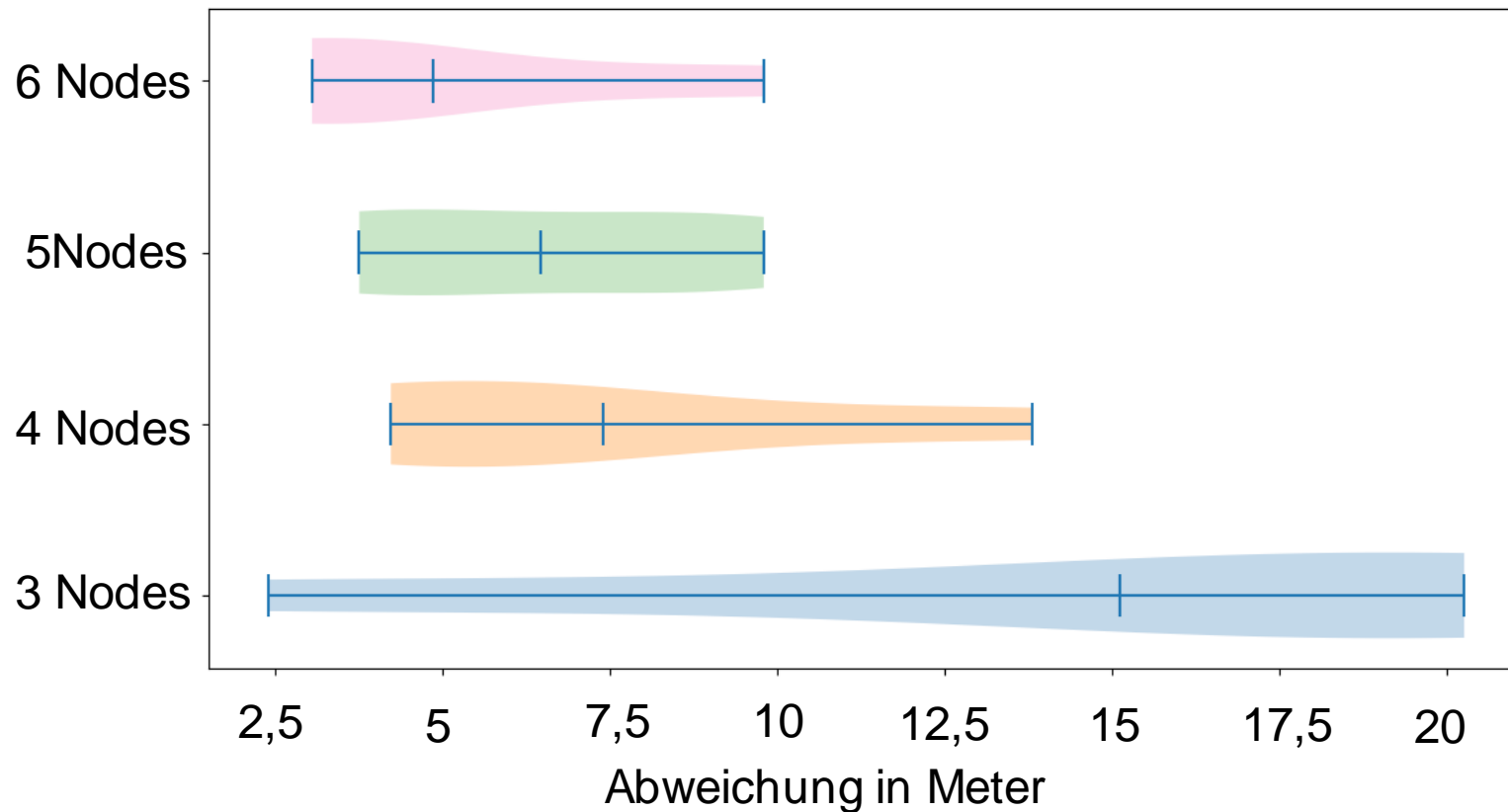


Abweichung bei verschiedenen Trainingsdaten



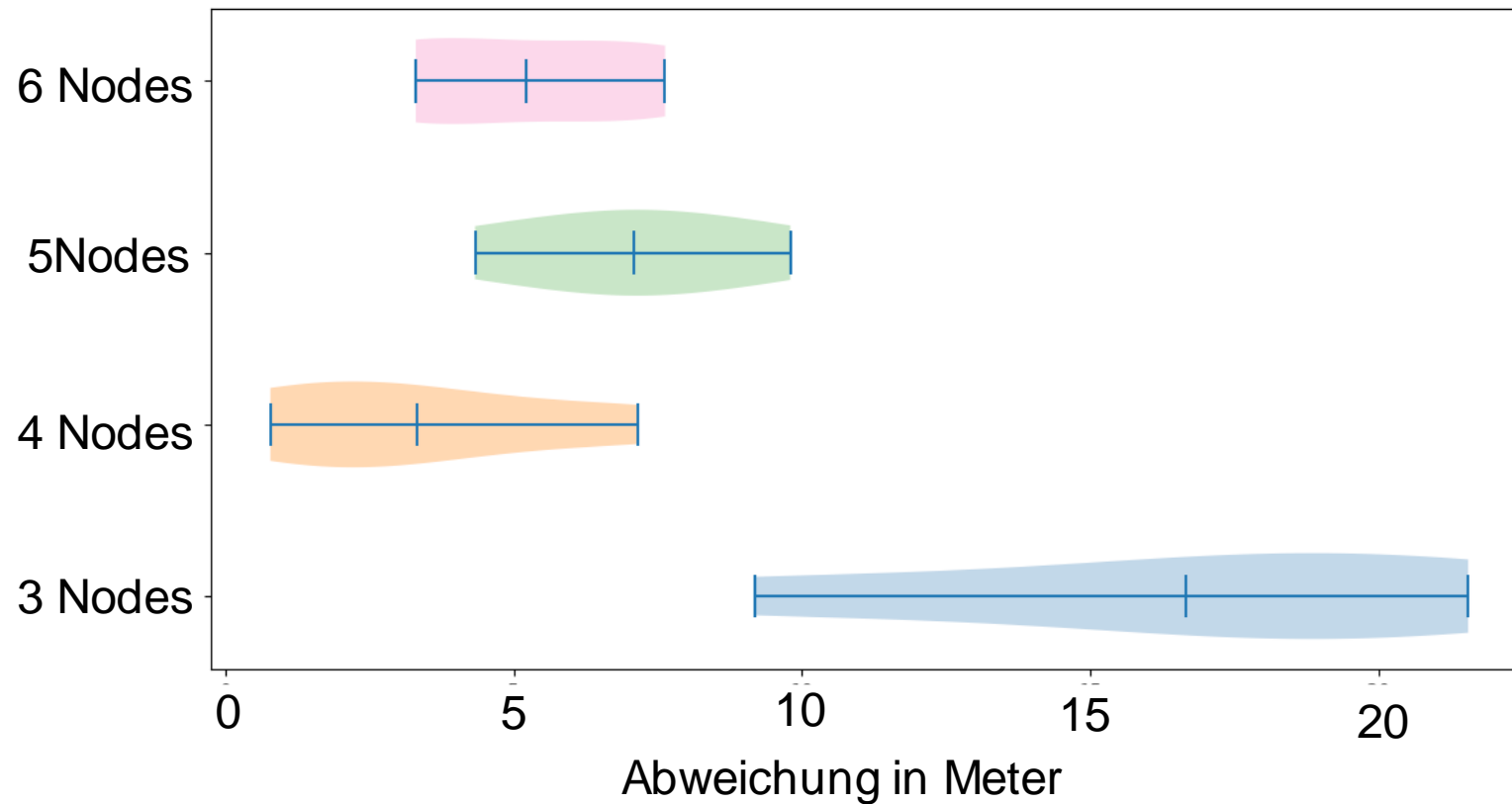
Evaluation Lokalisierung

Linear Regression



Evaluation Lokalisierung

Random Forest



Conclusion

- Lokalisierungs System
- Erreichen unter gewissen Bedingungen verwendbare Genauigkeiten

Conclusion

- Lokalisierungs System
- Erreichen unter gewissen Bedingungen verwendbare Genauigkeiten
- Aber,
- Viele Anomalien
 - ,die wir nicht direkt erklären können
 - Nicht allgemein verwendbar

Take Home Message

- Ziele sollten so früh wie möglich festgelegt werden