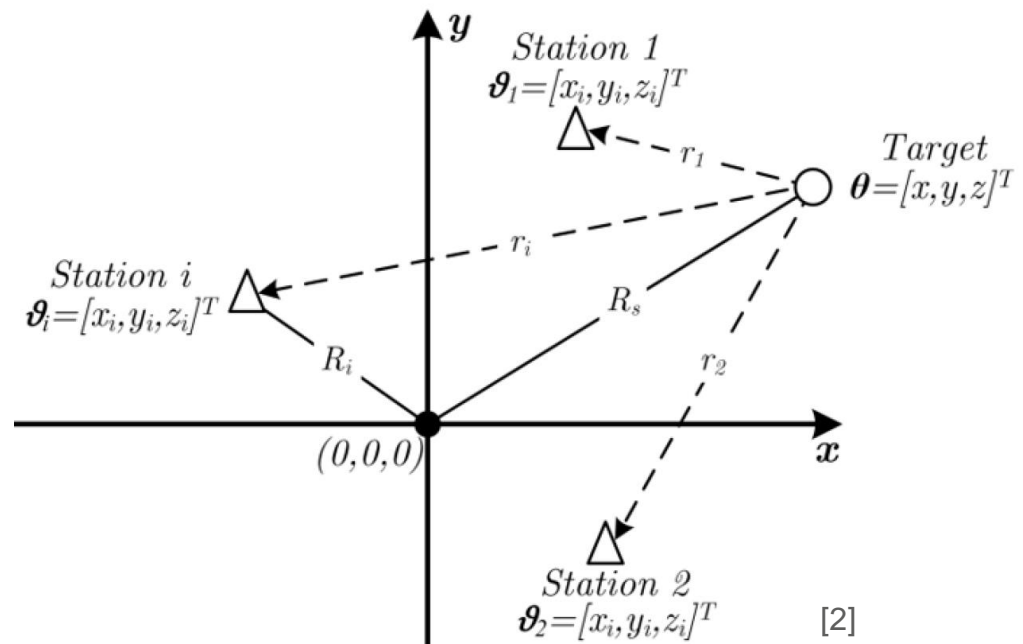




HOCHSCHULE OSNABRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# FUNKBASIERTE 3D-INDOORLOKALISIERUNG UNTER DER VERWENDUNG DES CHAN-HO-ALGORITHMUS



**Labor für Technische  
Informatik**

Timo Thurow

Marco Schaarschmidt

Clemens Westerkamp

Chris Belchhaus



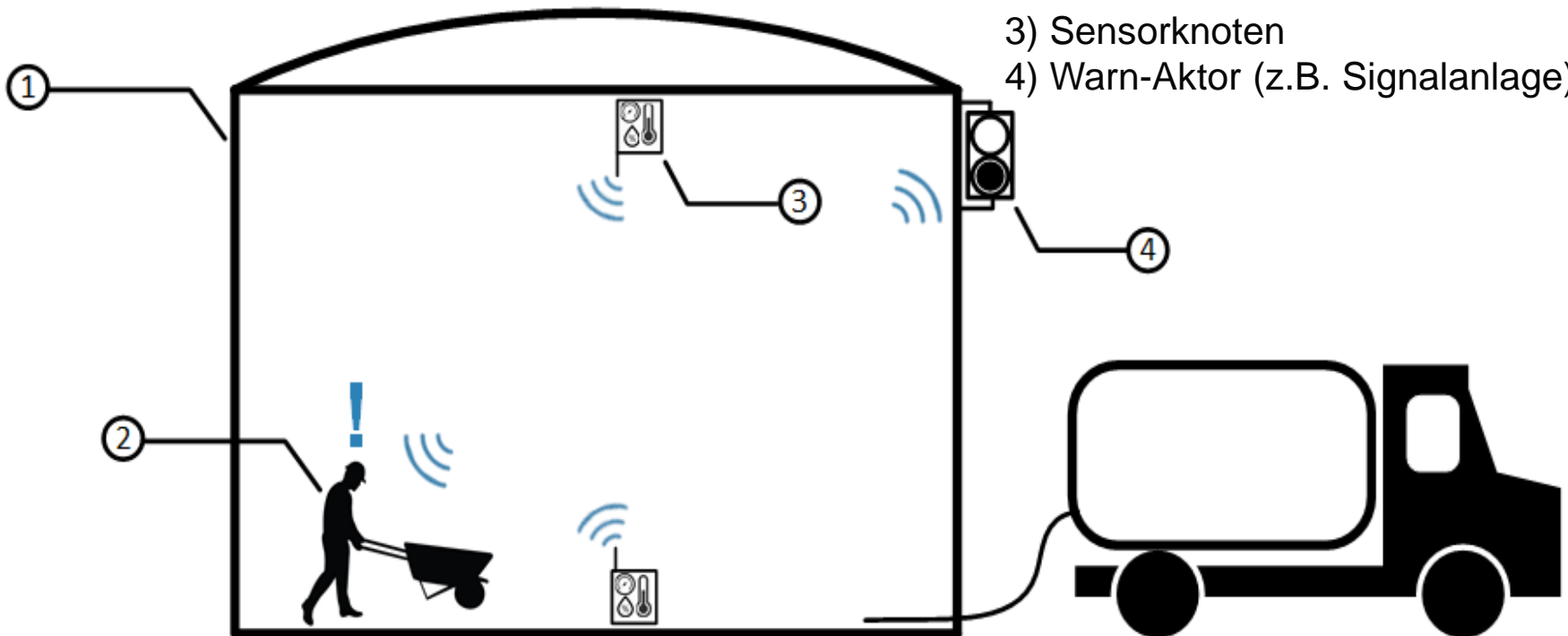
- Innovationsprojekt Ad-Hoc Vernetzung zur Gefahren-Erkennung und -Abwehr
- Ultrabreitband (UWB)
- Methoden der Positionsbestimmung
- Algorithmus und Zeitsynchronisation
- Systemarchitektur
- Aufbau des Labortests
- Evaluation der Messwerte
- Fazit und Ausblick

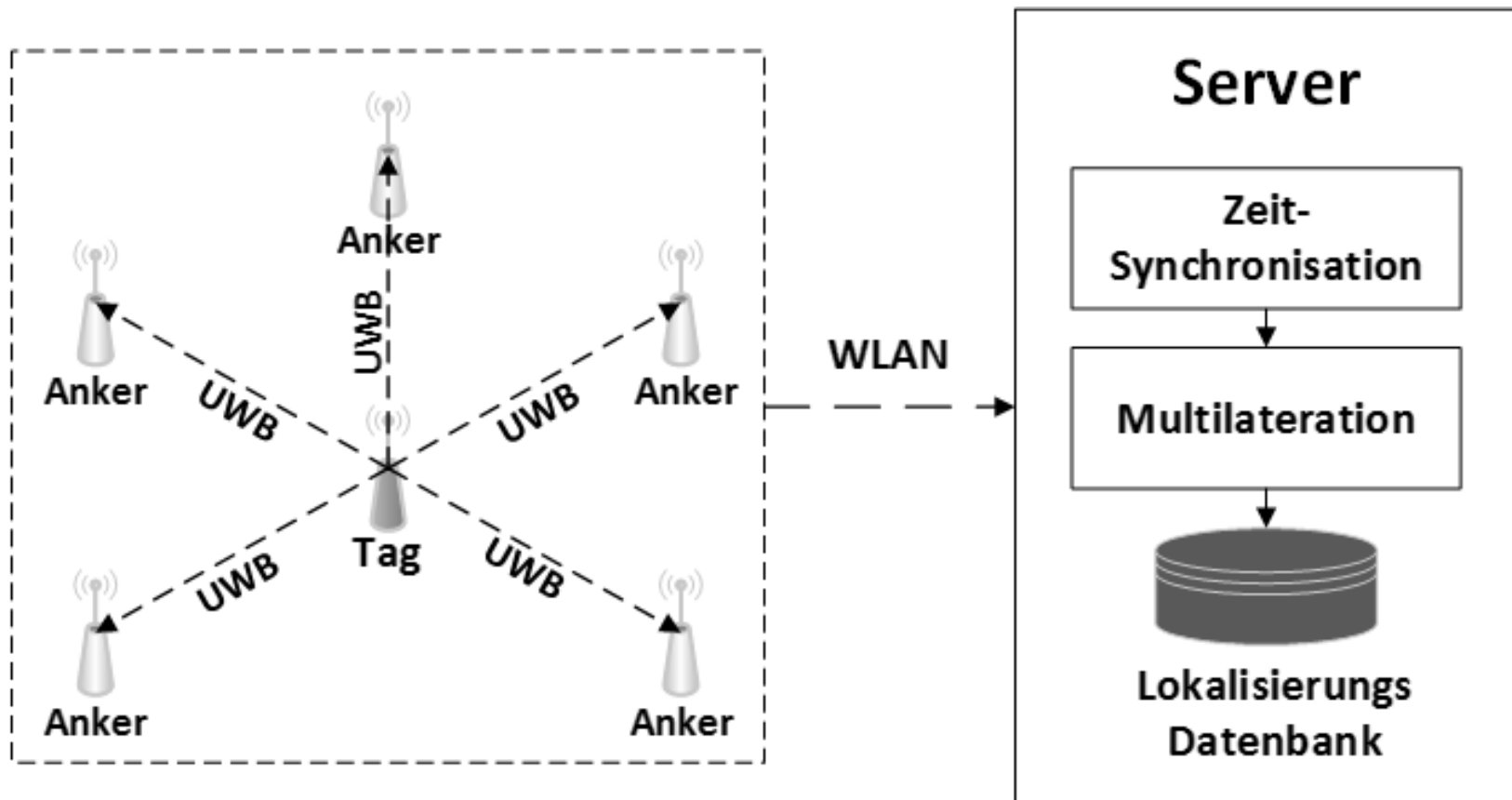


- Projektziele:
  - Flächendeckende Detektion und Gefahren-Erkennung durch Sensor-Netzwerke
  - 3D-Positionserfassung von Sensor-Knotenpunkten und Personen/Einsatzkräften mit einer Genauigkeit von ca. 30 cm
  - Sensordatenfusion bei der Erfassung der Höhe und Etagen in Gebäuden
- Vitaldatenerfassung und Datentransport über das Ortungssystem mittels UWB
  - Datenvisualisierung (Positions- und Vitaldaten) für Leitstelle
  - Automatisches Aussenden von Gefahren-Signalen an Personen-Hardware
- Gefördert im Niedersächsischen Innovationsprogramm (EFRE)
- Kooperation mit der neusta infomantis GmbH

## Legende

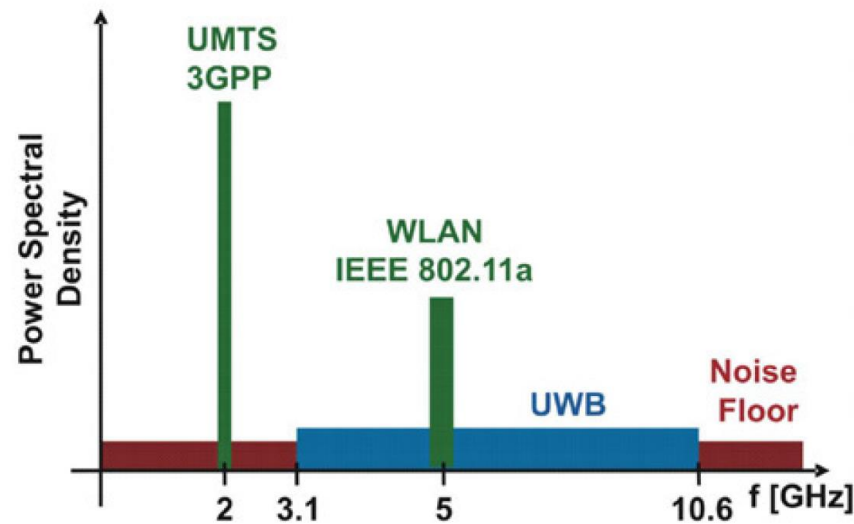
- 1) Biogasanlage
- 2) Überwacher Arbeiter in Gefahrenzone
- 3) Sensorknoten
- 4) Warn-Aktor (z.B. Signalanlage)





- Anker = Ortsfester Referenzknoten
- Tag = Knoten unbekannter Position

- Hohe Unempfindlichkeit gegenüber störenden Einflüssen durch schmalbandige Technologien wie W-LAN oder Bluetooth
- Frequenzband: 3,1 – 10,6GHz
- Maximalen Sendeleitung: 41,3dBm/MHz



UWB-Spektrum [1]



- Time of Arrival (TOA)
  - Berechnung anhand absoluter Ankunftszeiten
- Time Difference of Arrival (TDOA)
  - Berechnung anhand von Zeitdifferenzen zwischen Ankunftszeiten der Nachrichten

	Norrdine / TWR (TOA)	Chan-Ho (TDOA)
Benötigte Anker für 3D Raum	$\geq 4$	$\geq 5$
Zeitsynchronisation benötigt	Nein	Ja
Maximale Anzahl Tags pro Zelle (Updaterate 10Hz, unsynchronisiertes ALOHA)	15 [3]	170 [4]

Vergleich TOA zu TDOA



- Im Projekt wird der Chan-Ho-Algorithmus eingesetzt:
  - Berechnung erfolgt nach der Methode der kleinsten Quadrate
  - Quadratische Korrektur anhand bekannter Grenzen wird durchgeführt
- Eine Zeitsynchronisation zwischen allen Ankern muss umgesetzt werden:
  - Ein Anker (SYNC-Anker) übernimmt die Rolle des Zeitgebers
    - Periodisches Aussenden von SYNC-Nachrichten mit Zeitstempel des SYNC-Ankers. Der Sendezeitpunkt wird an einen Server geschickt
    - Andere Anker empfangen diese Nachricht und senden diese mit eigenem Zeitstempel zum Server
    - Der Server berechnet einen Offset und einen Korrekturfaktor für jeden Anker relativ zur Uhr des SYNC-Ankers



- Es wird angenommen, dass in einem bestimmten Intervall  $n$  die Steigung der Zeitstempel einen linearen Verlauf aufweisen.
- Zur Korrektur eines Zeitstempels  $t_{blink}$  wird die Differenz zum letzten empfangen SYNC-Zeitstempel  $t_{sync}$  gebildet, der Offset  $D_T$  addiert und mit dem Korrekturfaktor  $\alpha$  multipliziert.

$$t'_{blink_{n,i}} = \alpha_{n,i} (t_{blink_{n,i}} - t_{sync_{n,i}} + D_{T_i})$$

- Der Offset  $D_T$  setzt sich aus der Signallaufzeit zwischen SYNC-Anker und dem Empfänger  $t_{l_i}$  und der doppelten Antennenverzögerung  $2k$  zusammen

$$D_{T_i} = t_{l_i} + 2k$$

- Der Korrekturfaktor  $\alpha$  ist die Steigung der Zeitstempel in dem Intervall  $n$  mit  $T_{sync_n}$  dem Sendezeitstempel und  $t_{sync_{n,i}}$  dem Empfangszeitstempel des  $i$ -ten Ankers

$$\alpha_{n,i} = \frac{\Delta T_{sync_n}}{\Delta t_{sync_{n,i}}} = \frac{T_{sync_n} - T_{sync_{n-1}}}{t_{sync_{n,i}} - t_{sync_{n-1,i}}}$$

- Eingesetzte Hardware: decaWave DW1000 UWB-Chip mit ARM Cortex M3, angebunden an einen Raspberry Pi (nur Anker)
- Raspberry Pi wird nur als Schnittstelle zum lokalen Netzwerk verwendet
- Messaufbau in einem rechteckigen Feld (5,85m x 4,55m)

Adresse	X-Position (in Meter)	Y-Position (in Meter)	Z-Position (in Meter)
0x1001	2,90	0,00	0,58
0x1002	0,00	4,55	1,72
0x1003	0,00	0,00	0,58
0x1004	5,82	0,00	1,72
0x1005	5,82	4,55	0,64
0x1006	2,90	4,55	0,58



# AUFBAU DES LABORTESTS



- Definition von neun Messpunkten innerhalb der Ebene
- Für jeden Messpunkt wurden 100 Messungen durchgeführt und der Mittelwert mit Standardabweichung gebildet
- Messpunkte:

Position	X-Position (in Meter)	Y-Position (in Meter)	Z-Position (in Meter)
P0	1,45	1,14	0,70/1,00/1,30
P1	1,45	2,28	0,70/1,00/1,30
P2	1,45	3,41	0,70/1,00/1,30
P3	2,91	1,14	0,70/1,00/1,30
P4	2,91	2,28	0,70/1,00/1,30
P5	2,91	3,41	0,70/1,00/1,30
P6	4,36	1,14	0,70/1,00/1,30
P7	4,36	2,28	0,70/1,00/1,30
P8	4,36	3,41	0,70/1,00/1,30

- Ergebnisse:

Höhe	$\Delta X$ (in Meter)	$\Delta Y$ (in Meter)	$\Delta Z$ (in Meter)
0,70	0,16±0,09	0,20±0,07	0,19±0,22
1,00	0,24±0,12	0,19±0,09	0,30±0,23
1,30	0,16±0,14	0,14±0,20	0,49±0,23



- Messfehler in X-Y Ebene liegt typ. unter 30cm
- Höherer Messfehler in Z Richtung
- Hoher Anstieg der Messfehler an Randbereichen (in der Nähe von Ankern)
- Potentielle Verbesserungen der Genauigkeit durch:
  - Ermittlung der Antennenparameter
  - Kalibrierung der Knoten
  - Sensorfusion (z.B. Luftdrucksensor) zur genaueren Höhenbestimmung
- Aufbau mit höherer Ausbreitung in Z soll betrachtet werden
- Non-line-of-sight (NLOS) Szenarien sollen noch betrachtet werden





# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



- [1] N. Hadaschick, „Techniques for UWBOFDM,,“, ICE RWTH Aachen University. [Online]. Available: <https://www.ice.rwthachen.de/research/algorithmsprojects/entry/detail/techniques-for-uwb-ofdm/> [15.02.2018].
- [2] I. A. Mantilla Gaviria, „New Strategies to Improve Multilateration Systems in the Air Traffic Control" Ph.D. dissertation, Universitat Politècnica de València, 2013.
- [3] „DWM1001 System Overview And Performance“, decaWave. [Online]. Available: <https://www.decawave.com/content/dwm1001-system-overview-and-performance> [15.02.2018].
- [4] „DW1000 User Manual“, decaWave. [Online]. Available: <https://www.decawave.com/content/dw1000-user-manual> [15.02.2018].