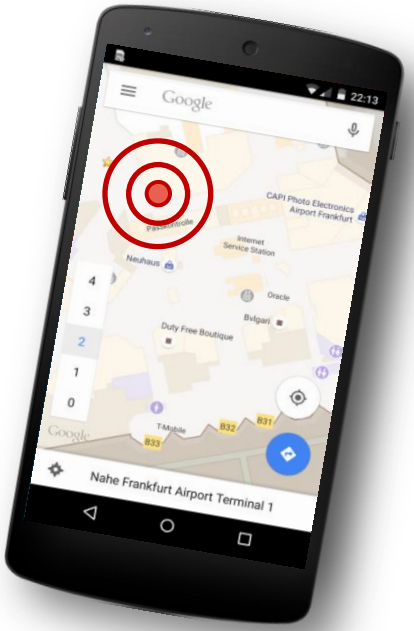
Indoor-Positionierung

Ein Überblick mit ausgewählten Beispielen

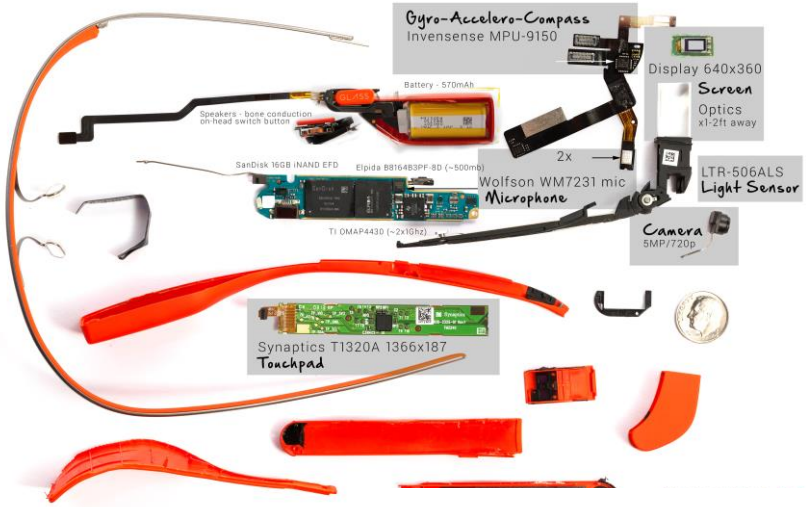
Jörg Blankenbach
Geodätisches Institut, RWTH Aachen



DGfK-Syposium 2015
Königslutter, 11.05.2015

Einführung
Überblick
MILPS
Fazit & Ausblick

- Nachfrage nach der Geolokalisierung von Personen und Objekten hat zugenommen
  - Weiterentwicklungen der Sensorik (→ pervasive Computing)
  - Massenmarktzugänglichkeit von Positionierungs-technologie



[Bildquelle: hackingglass.com]

[Bildquelle: infoworld.com]

Einleitung
Anwendungen

Einführung

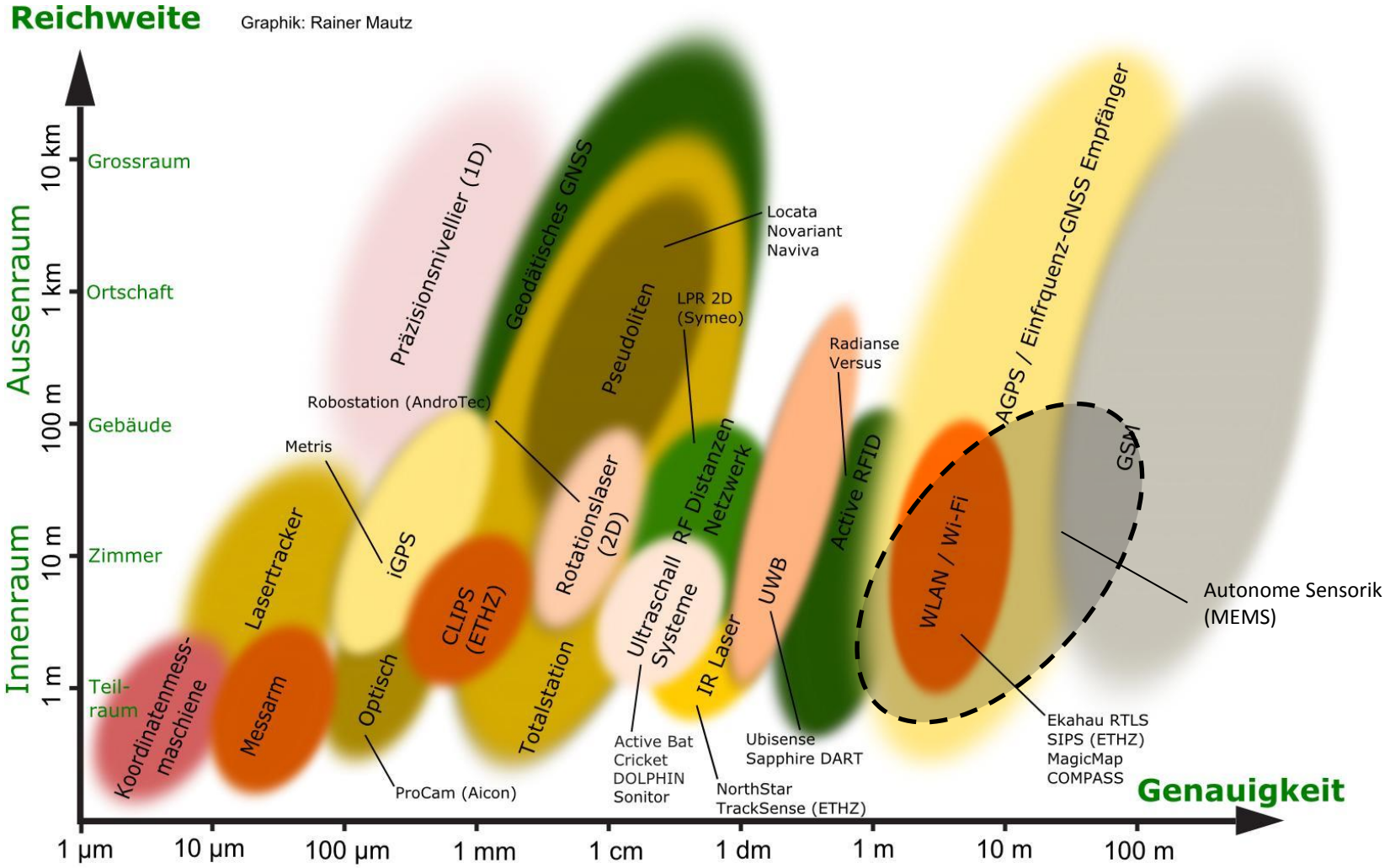
Überblick

MILPS

Fazit & Ausblick

- → *Ubiquitäre* Positionierung für viele Anwendungen erforderlich
  - ➢ Outdoor: Globale satellitengestützte Systeme (GNSS)
  - ➢ Indoor: ???
- → Lokale Positionierungssysteme

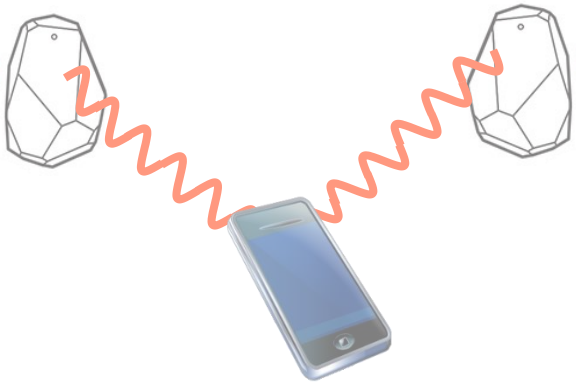
Einleitung
Überblick Lokale Positionierungssysteme I



Einleitung
Überblick lokale Positionierungssysteme II

Einführung
Überblick
MILPS
Fazit & Ausblick

Infrastrukturgestützte Systeme



Autonome Systeme

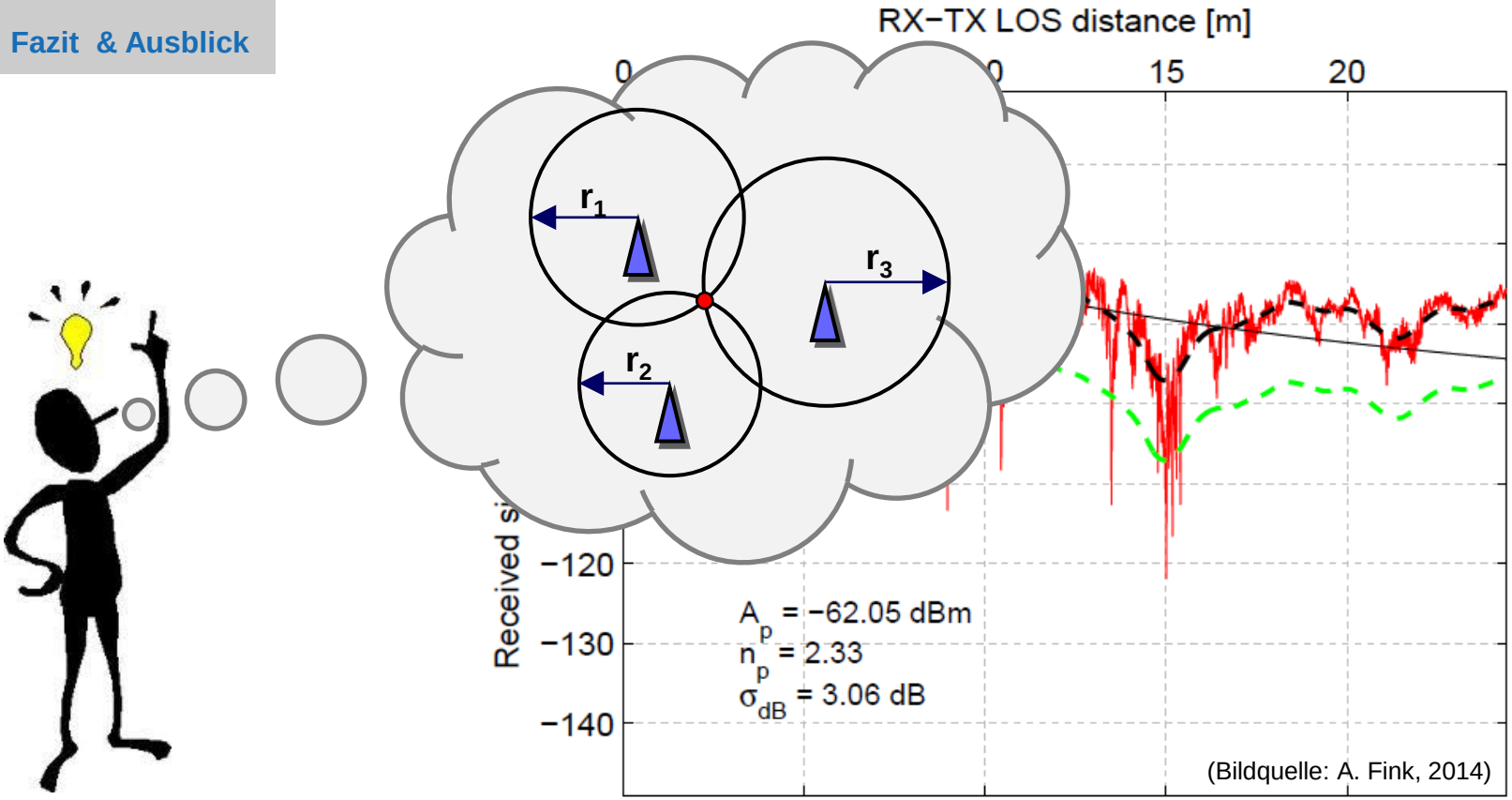
(Bildquelle: http://www.openshoe.org/)

Hybride Systeme

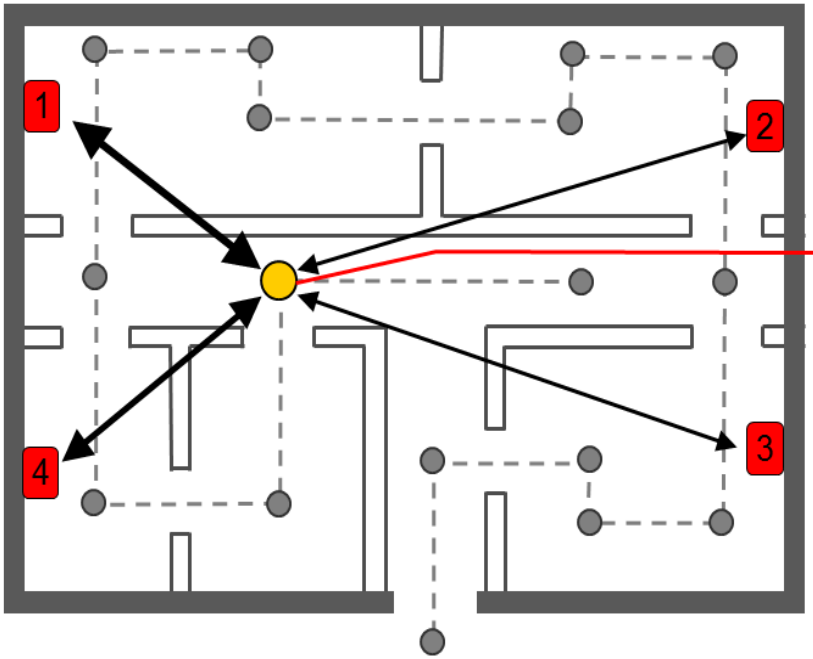
- Technologien
  - RFID, Bluetooth, Ultraschall, Infrarot, WLAN, Magnetfeld, Barometer, Marker, ...
- Positionsbestimmung
  - Dead Reckoning / Koppelortung
  - exakt

Einführung
Beispiele
MILPS
Fazit & Ausblick

- Freiraumdämpfung EM-Wellen (WLAN)
  → Signalstärke (RSS) = f(Distanz)



Einführung
Beispiele
MILPS
Fazit & Ausblick

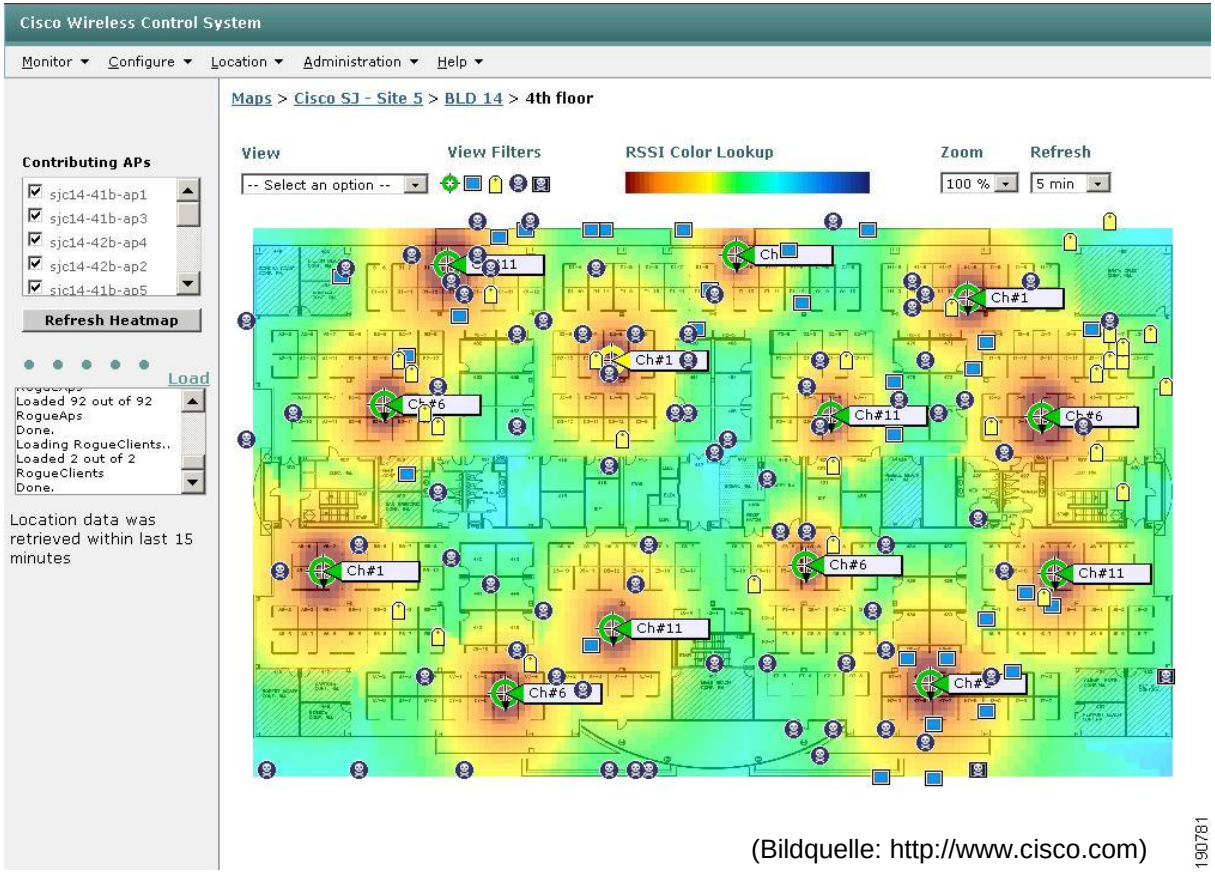


X [m]	Y [m]	$RSSI_1$ [dBm]	$RSSI_2$ [dBm]	$RSSI_3$ [dBm]	$RSSI_4$ [dBm]
2,0	2,0	18	6	5	25
4,5	4,8	15	8	9	20
4,5	5,5	25	10	7	18
6,0	6,3	12	7	15	15
8,2	3,5	10	8	20	12
…	…	…	…	…	…

Einführung
Beispiele
MILPS
Fazit & Ausblick

- Ekahau / Cisco (Aktives RFID/WLAN)

(Bildquelle: http://www.ekahau.com)



(Bildquelle: http://www.cisco.com)

190781

Einführung
Beispiele
MILPS
Fazit & Ausblick

- Technologien
  - WLAN, RFID (aktiv)
- Eigenschaften
  - 👍 Infrastruktur häufig verfügbar
  - 👍 kostengünstig
  - 👎 (Re)Kalibrierung
  - 👎 Genauigkeit ≤ room-level
  - 👎 2D-Lokalisierung

(Bildquelle: http://www.insoft.de/)

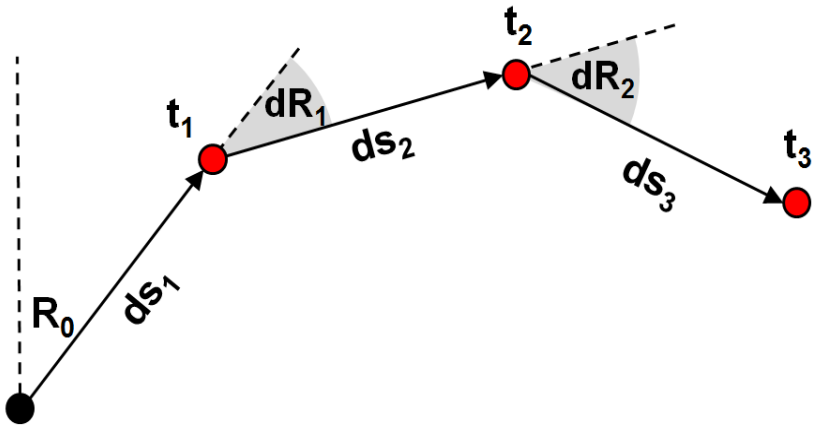
→ Personenortung in offenen Gebäuden (z.B. Messehalle, Terminal)

Einführung
Beispiele
MILPS
Fazit & Ausblick

- Verwendung von MEMS-Inertialsensorik
  - Beschleunigung → Strecke
  - Drehraten → Richtungsänderungen
  - Magnetometer → Richtung
  - Barometer → Höhe

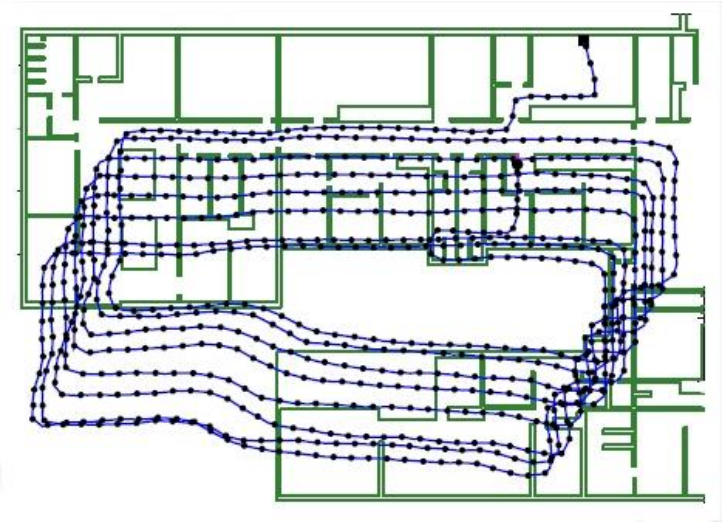
(Bildquelle: http://www.xsens.com)

(Bildquelle: Morrison et al. 2012: Design and Testing of a Multi-Sensor Pedestrian Location and Navigation Platform, Sensors, Vol. 12, Issue 3, MDPI, Open Access)



Autonome Systeme

- Technologien
  - MEMS Inertialsensorik
- Eigenschaften
  - keine Infrastruktur notwendig
  - kostengünstig
  - Störungen
  - Sensordriften
  - Genauigkeit



(Bildquelle: http://www.iai.csic.es/lopsi)

→ Ohne Stützung kaum einsetzbar

Hybride Systeme

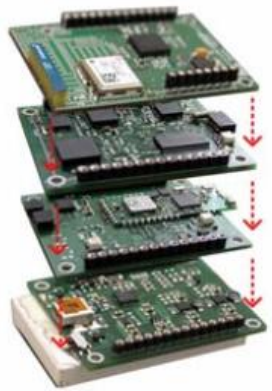
Einführung
Beispiele
MILPS
Fazit & Ausblick

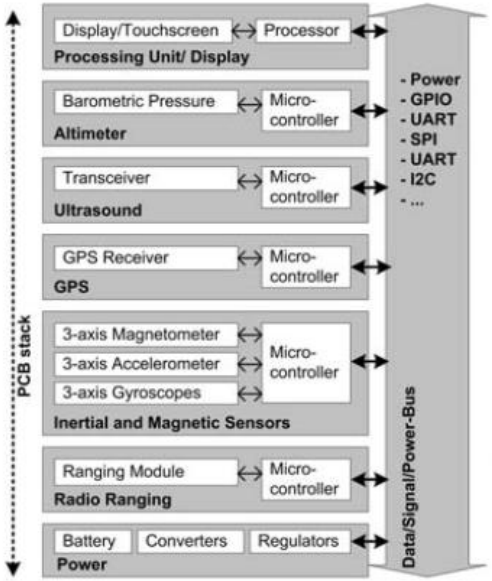
- Fusion verschiedener Systeme

Infrastruktursysteme

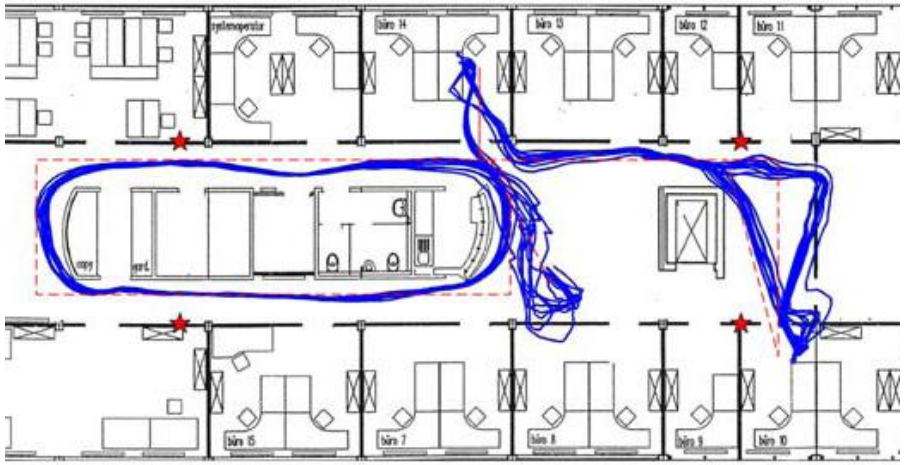
+

Inertialsensorik





(Bildquelle: http://www.hsg-imit.de)



- Eigenschaften
  - 👍 Robustheit
  - 👍 Verfügbarkeit
  - 👎 Komplexität des Systems
  - 👎 Anwendungsadaption

Zwischenfazit

Herausforderung **Bauwerk bzw. Gebäude**

- Signalabschattung
- Signalstörungen
  - Dämpfung
  - Laufzeitverzögerung
  - Mehrwegeffekte
  - Interferenzfelder
- Sensorfehler (z.B. Drift)
- 3D-Positionierung
- Lokalisierungs-IT
  - Spezialsensorik vs. Massenware
  - Datengrundlage

Hybride Systeme

oder

Alternative Technologien

Alternative Systeme

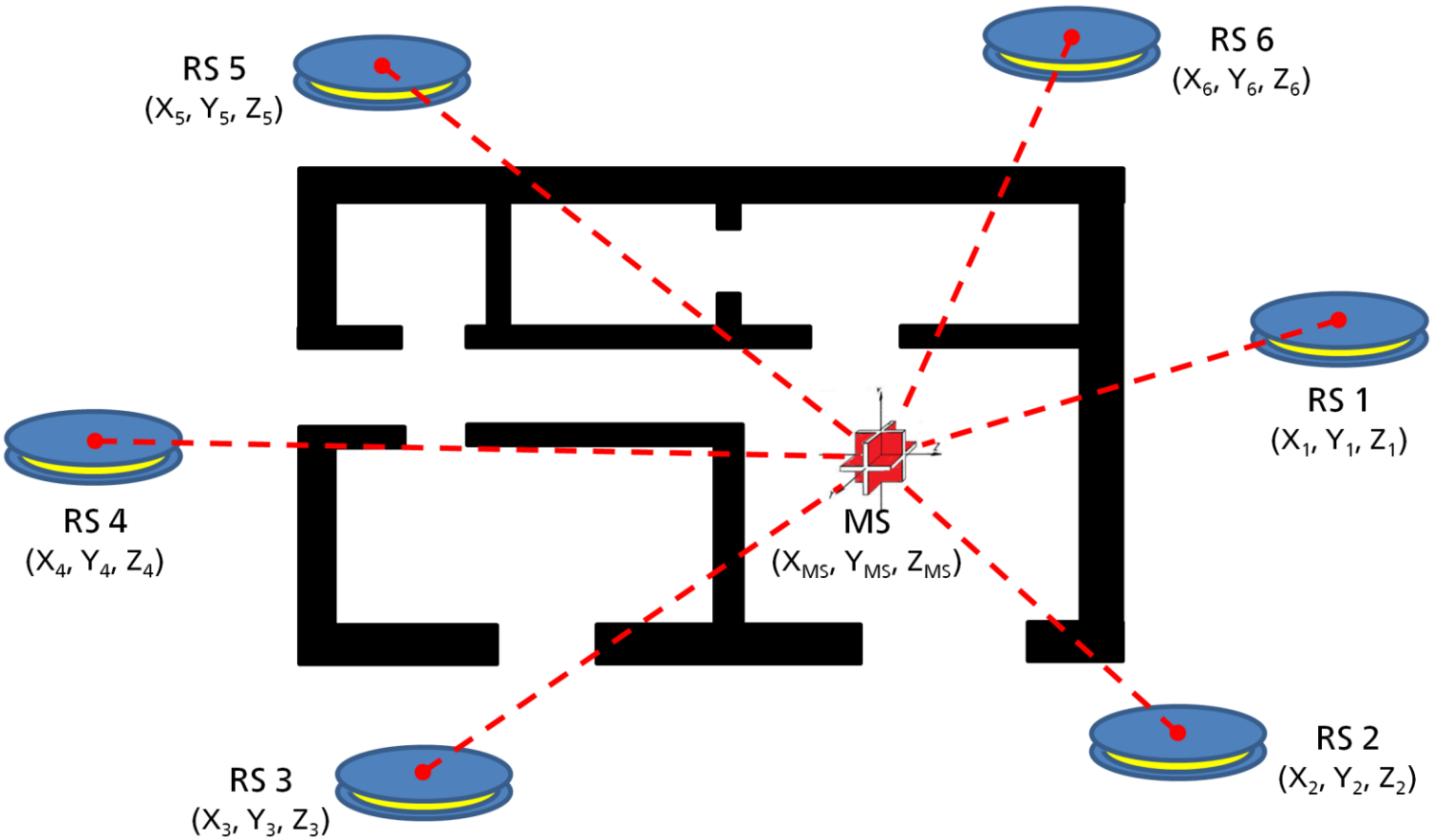
MAGNETISCHE POSITIONIERUNG

Magnetfelder

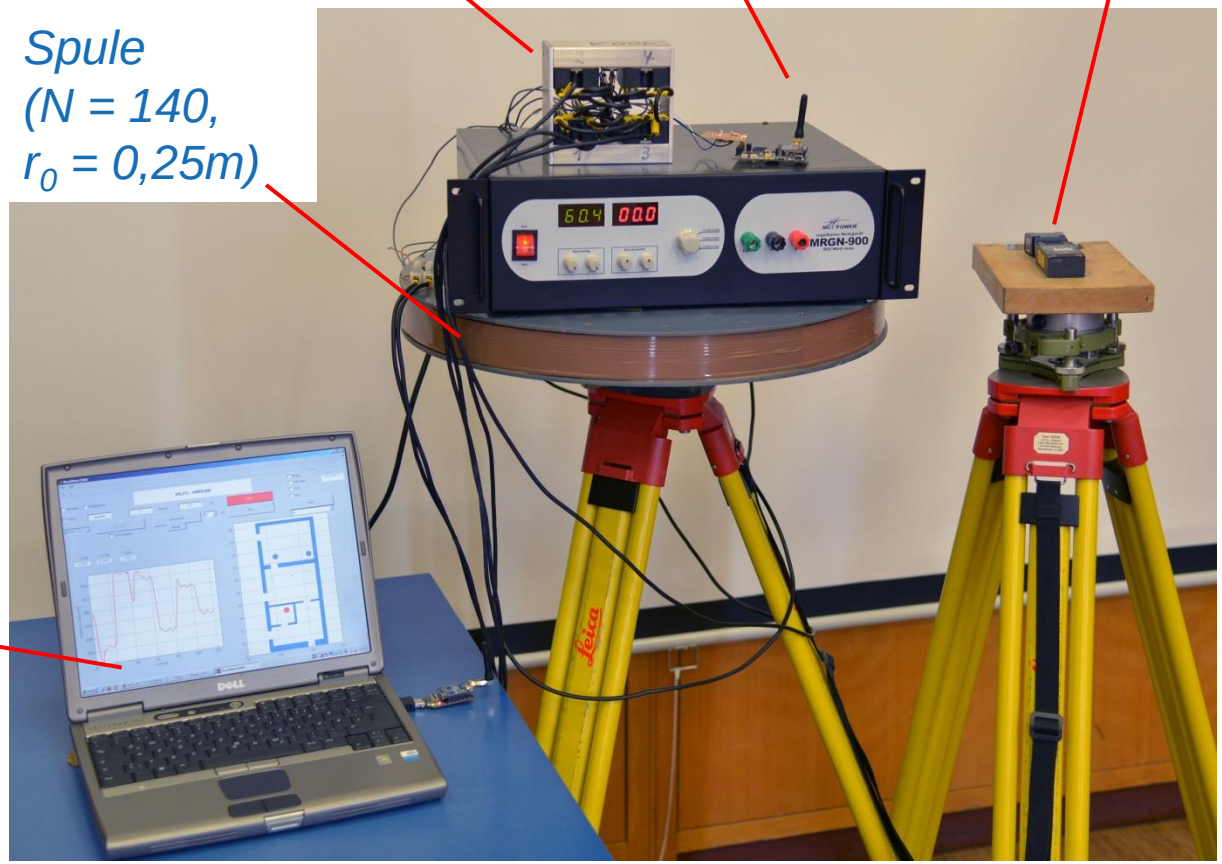
- Magnetfelder können Baumaterialien <u>unverfälscht</u> durchdringen
- Magnetfeldquellen
  - Erdmagnetfeld (→ Magnetfeldanomalien im Bauwerk)
  - Künstliche Magnetfelder als Signalträger
- Künstliche Erzeugung mit stromdurchflossenen Spulen
  - Einfache und kostengünstige Herstellung
- Magnetfeldsensoren als Mobilstation
  - Keine Kommunikationsprotokolle notwendig
  - Kein Benutzermanagement erforderlich

→ *Magnetic Indoor Local Positioning System (MILPS)*

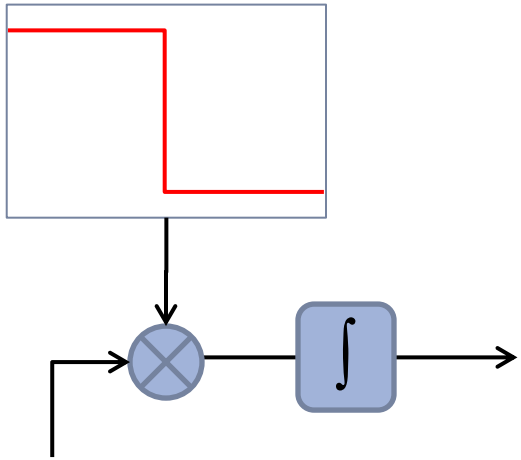
MILPS
Architektur

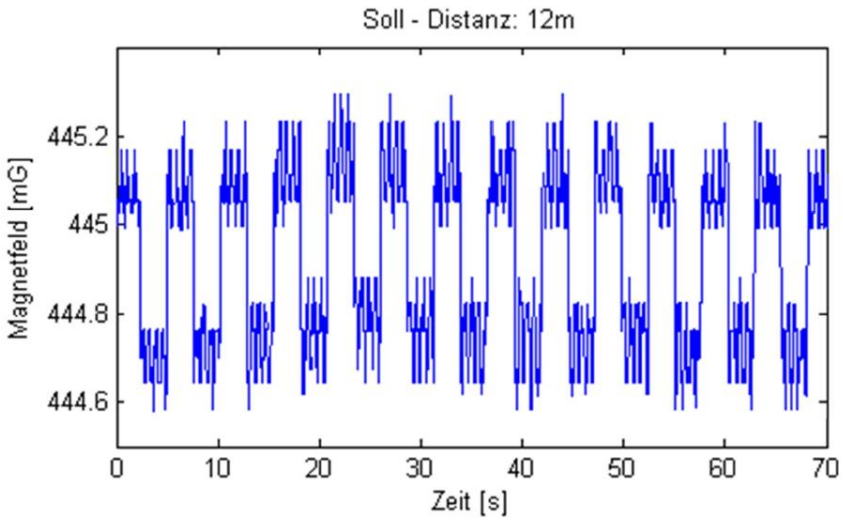


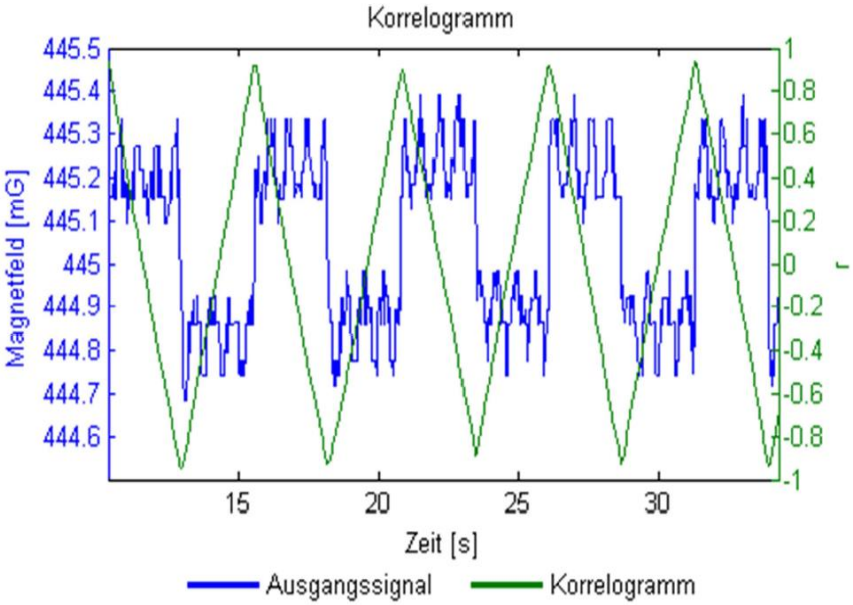
MILPS
Experimentalsystem



Einführung
Überblick
MILPS
Fazit & Ausblick







$$\left(B_E + B_n + B_{Sp}\right) - \left(B_E + B_n - B_{Sp}\right) = 2B_{Sp}$$

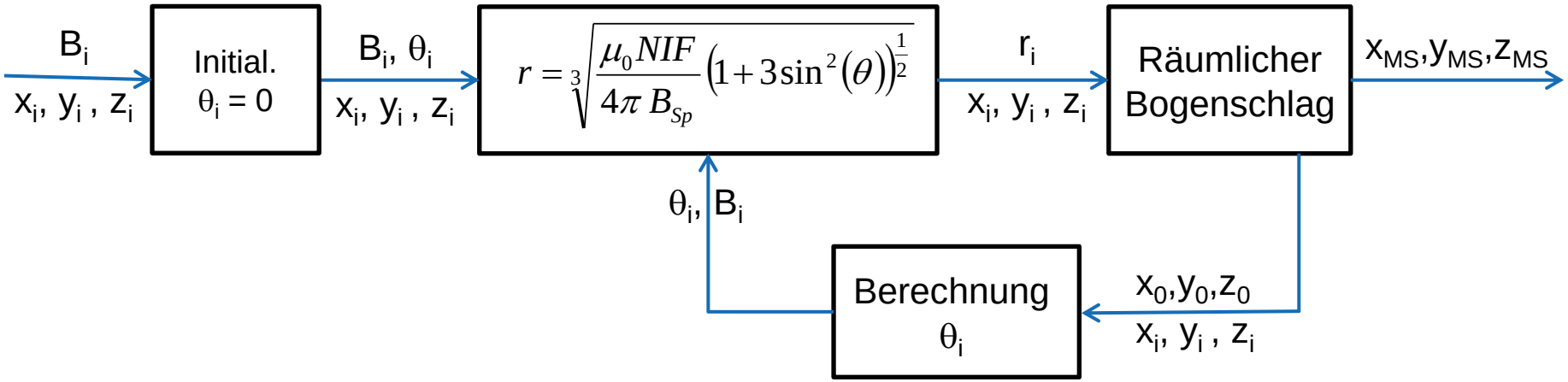
Einführung
Überblick
MILPS
Fazit & Ausblick

- 2D-Positionsschätzung
  - ➢ Überbestimmter Bogenschlag
  - → Kleinste-Quadrate-Schätzung

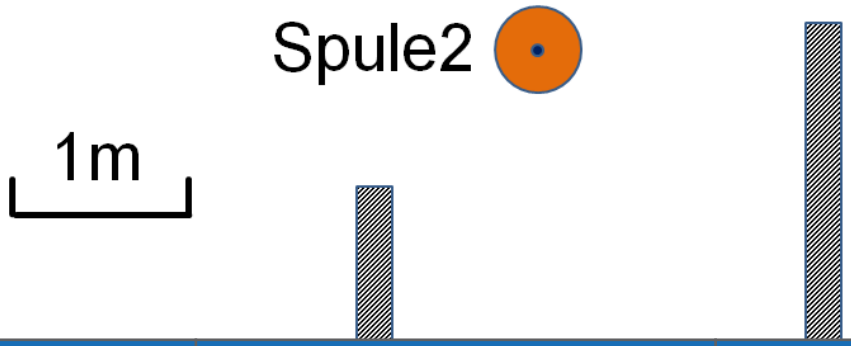
$$r = \sqrt[3]{\frac{\mu_0 NIF}{4\pi B_{Sp}}}$$

- 3D-Positionsschätzung
  - ➢ Iterative Schätzung

$$r = \sqrt[3]{\frac{\mu_0 NIF}{4\pi B_{Sp}}\left(1+3\sin^2(\theta)\right)^{\frac{1}{2}}}$$



MILPS
Beispiel: Statische 3D-Positionsschätzung



	HMR2300			iPhone 4			Samsung Galaxy Nexus		
Pos.	dX [cm]	dY [cm]	dZ [cm]	dX [cm]	dY [cm]	dZ [cm]	dX [cm]	dY [cm]	dZ [cm]
1	-2,5	-0,1	-19,0	-3,2	-2,00	45,7	9,0	-8,6	-141,3
2	-3,4	-0,0	-11,4	1,8	-12,3	-82,0	6,9	-26,3	-129,9
3	-4,5	-2,7	-14,5	-5,5	-4,1	-44,5	-1,8	-20,4	-119,0
4	-4,3	-0,9	-13,5	-5,7	0,4	-45,0	-13,4	0,3	-96,3
5	-3,1	-0,5	9,8	-3,1	2,8	-61,7	10,3	-11,3	-143,2
6	-0,8	-6,4	-99,6	5,2	-13,5	-131,4	11,6	10,5	141,6
7	9,5	-8,0	-56,50	-9,6	-3,3	-51,7	-12,0	8,3	-81,5

Beispiel: Smartphone-Positionierung
für Fußgänger

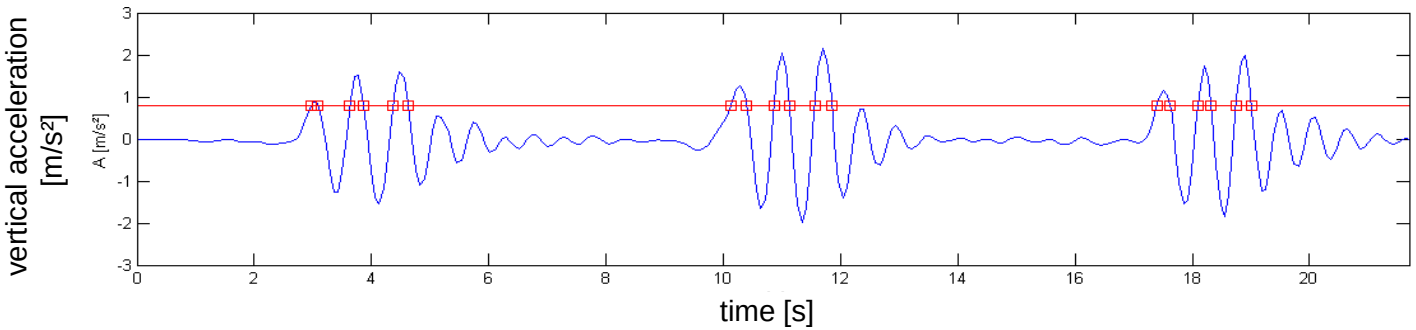
3-Achs-Beschleunigungssensor

3-Achs-Magnetfeldsensor

3-Achs-Gyroskop

Beispiel: Smartphone-Positionierung
Messungen

- Accelerometer → Schritterkennung → **Distanz**



$$distance = step_size \times num_steps$$

- Gyroskop / Magnetometer → **Richtung**

$$\theta = \|\omega\| \times dt \quad \rightarrow \quad R$$

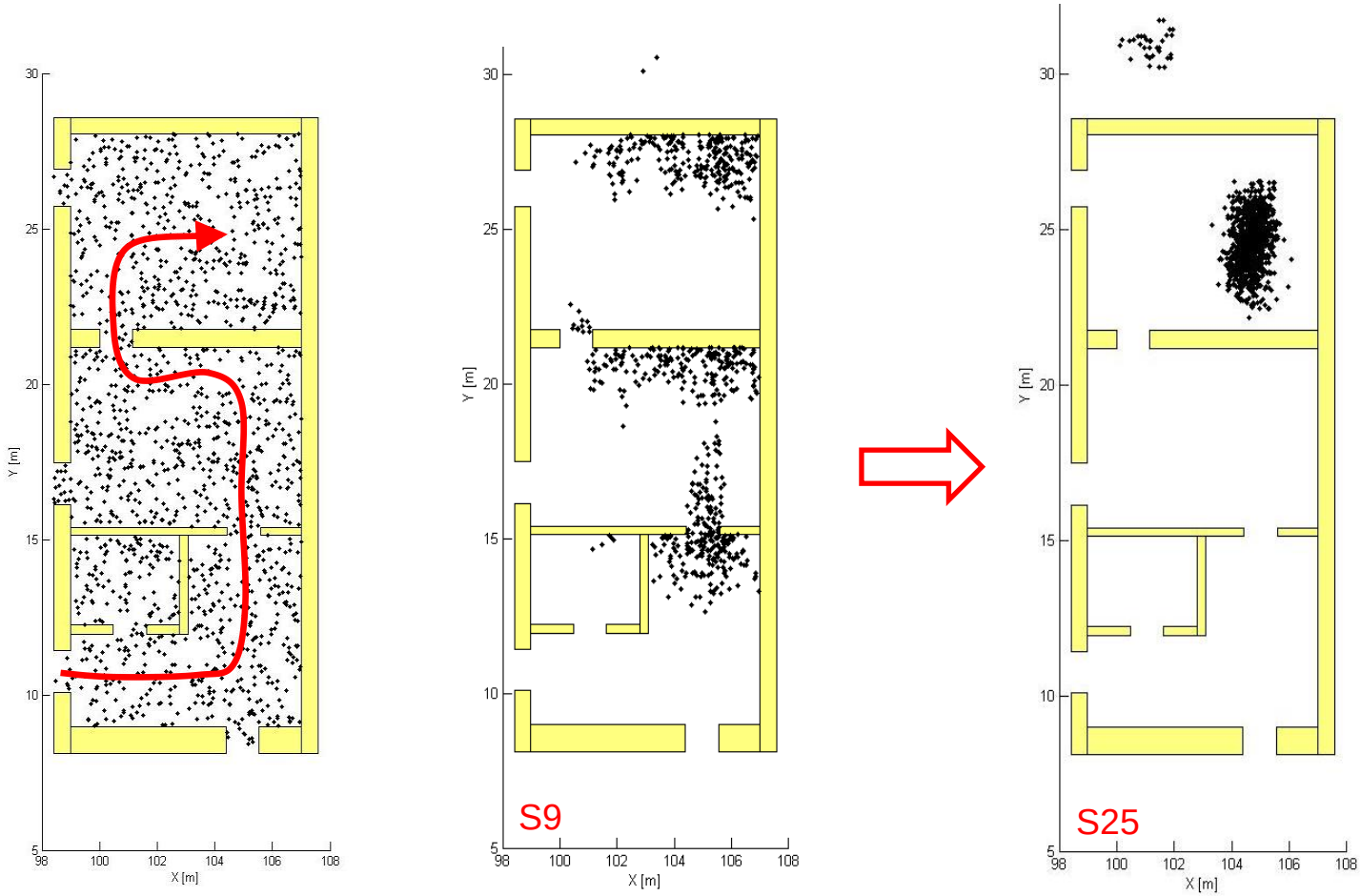
$R(t_0)$ ← Magnetometer und Accelerometer

$$R(t+dt) = R(t) \times \Delta R$$

$$heading = \mathrm{atan}(\mathrm{R}(t+dt)_{12} / \mathrm{R}(t+dt)_{22})$$

Beispiel: Smartphone-Positionierung
Partikelfilter

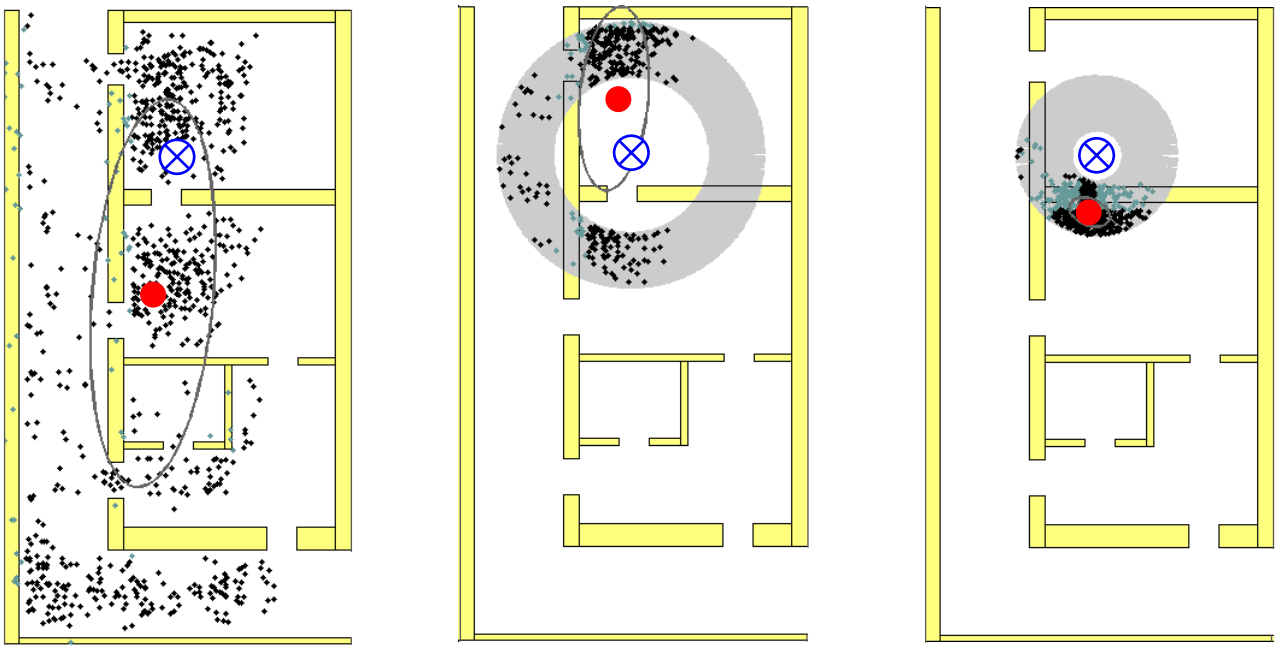
- INS + Gebäudemodell



Smartphone-Positionierung
MILPS-Integration

⊗ Spule

● Schwerpunkt

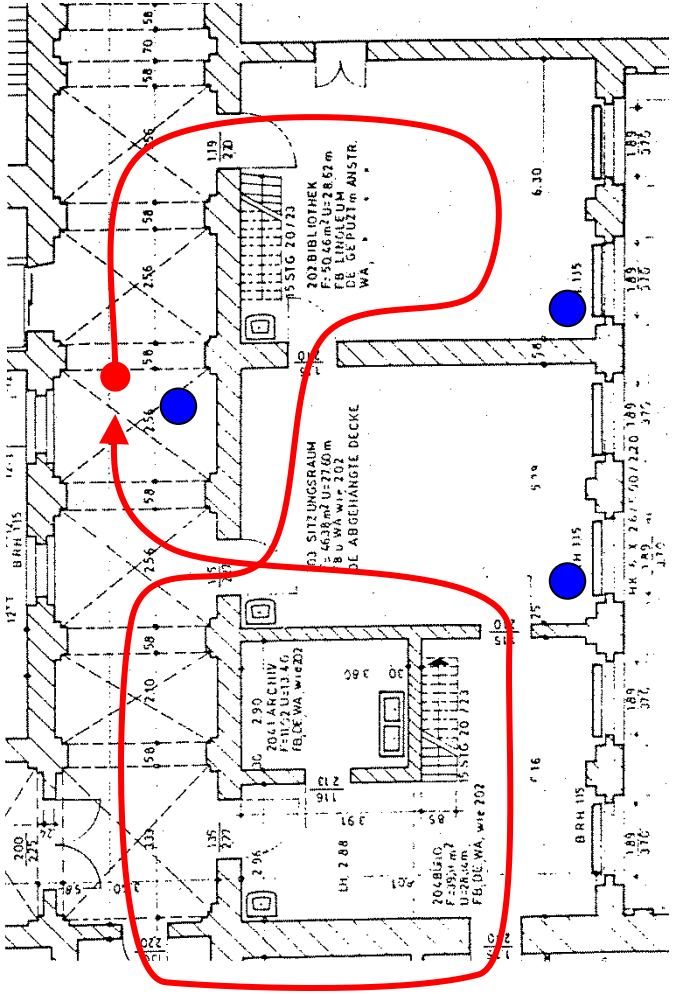


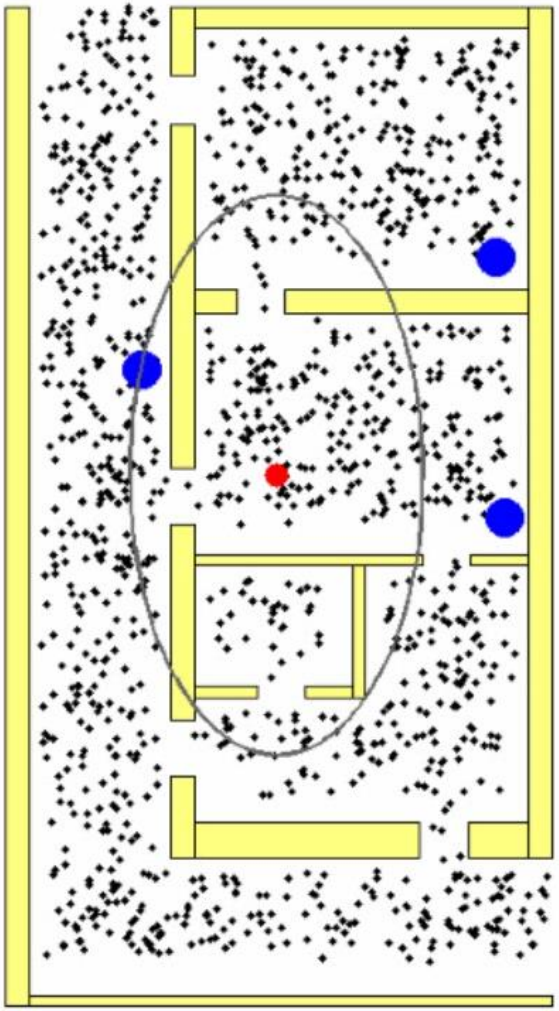
b. Nach dem 4. Schritt

c. Nach dem 8. Schritt

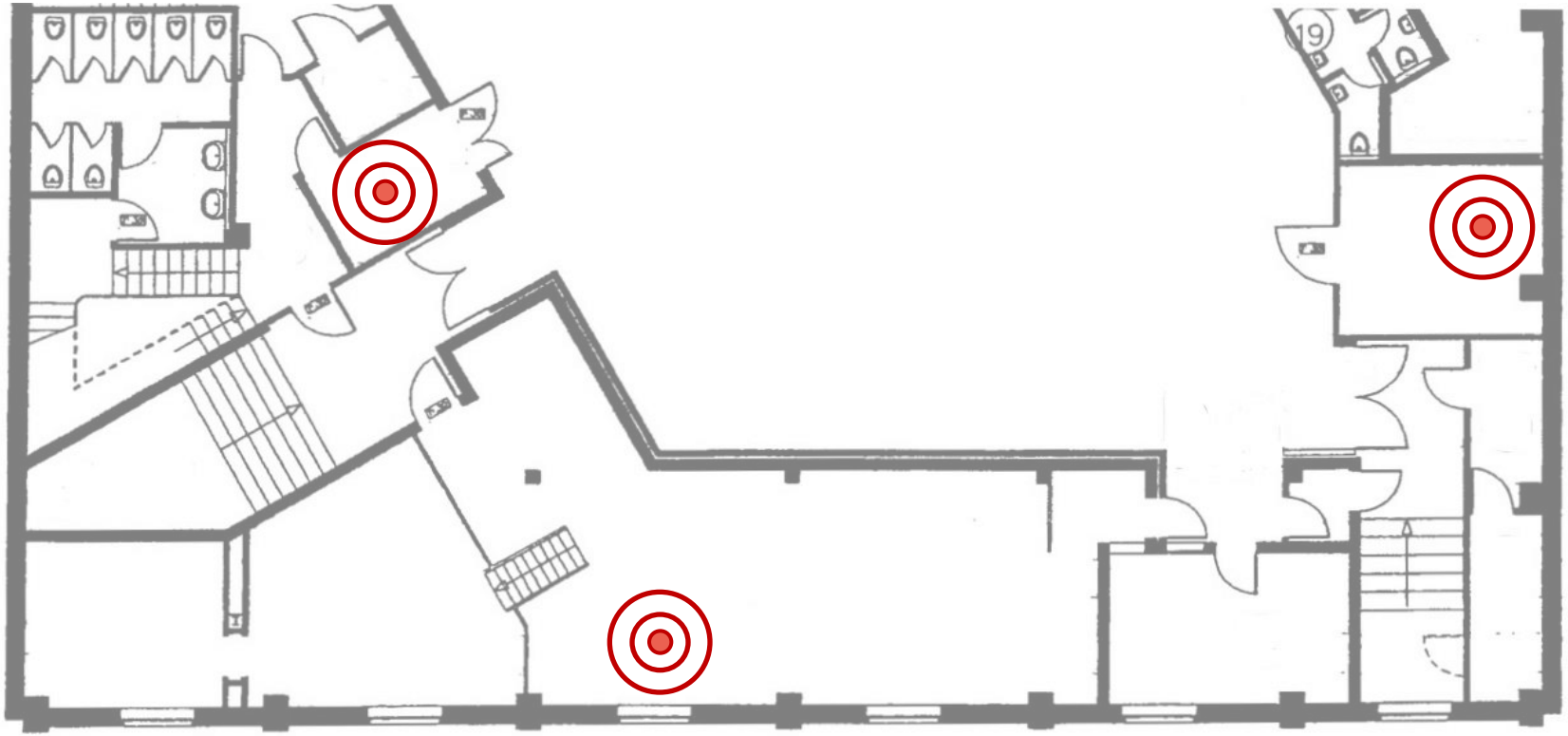
d. Nach dem 10. Schritt

Smartphone-Positionierung
MILPS-Integration





Zusammenfassung & Ausblick

- Noch keine Lösung zur Indoor-Positionierung
  - Lösungen für ausgewählte Anwendungen verfügbar
  - → hybride Ansätze
  - → alternative Technologien
- MILPS
  - NLoS-Lokalisierung ohne Signalausbreitungsfehler
  - 3D-Positionierung mit hoher Absolutgenauigkeit
  - Verwendung von low-cost Sensorik
- MILPS-Ausblick
  - 3D-Kalibrierung
  - Verfeinerungen der 3D-Positionsschätzung
  - Vergrößerung der Reichweite

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!