

# Interpolation in RFID-based Medical Navigation

Andreas Wille, Mathäus Muzalewski und Susanne Winter

## PRPS – RFID-basierte Navigation für medizinische Anwendungen

Das PRPS ist der Prototyp eines medizinischen Navigationssystems auf Basis von RFID-Technologie, das seit 2009 von amedo STS GmbH entwickelt wird. Geplante Einsatzgebiete sind mit fortschreitender Entwicklung medizinische Inventarisierung, Patienten- und Großgerätepositionierung, sowie die intraoperative Navigation in der Chirurgie.

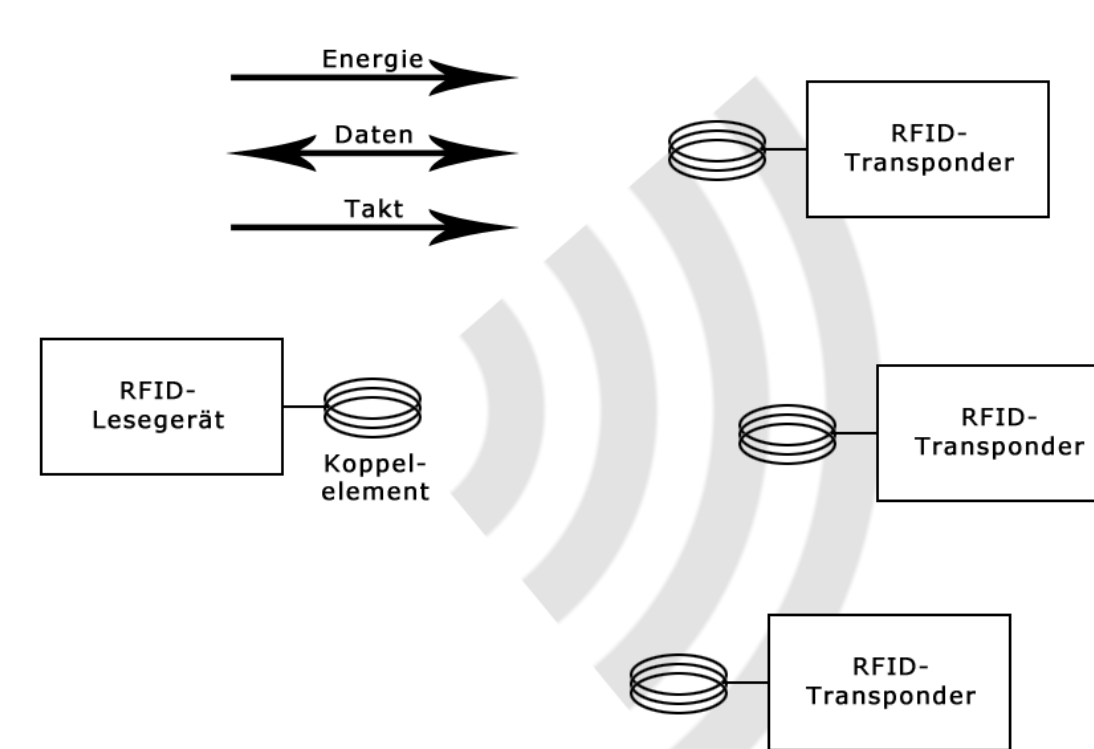
Medizinische Anforderungen:

- hohe Genauigkeit (0,1 mm - 1 mm)
- hohe Zuverlässigkeit
- geringe Störung (von Geräten und Personal)
- Toleranz häufiger Sichtunterbrechung durch wenige Hindernisobjekte
- Reichweite  $\leq 5$  m



Aufbau des PRPS Prototypen

## RFID (RadioFrequency IDentification)



Konzept der RFID-Technik

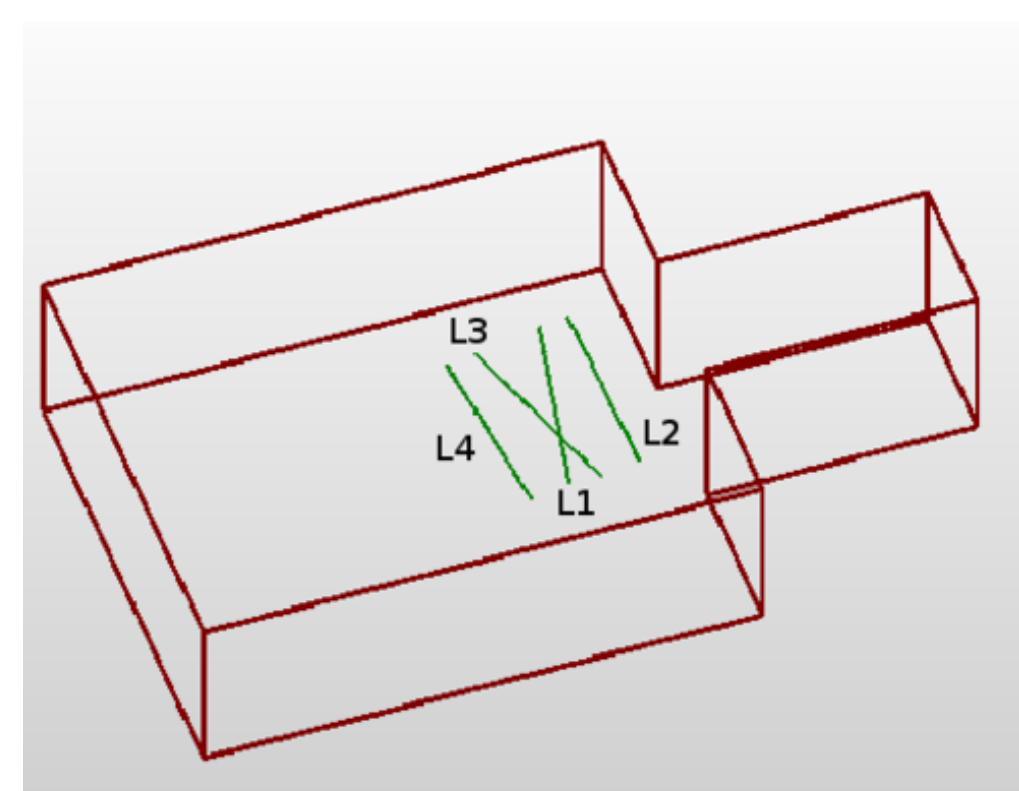
Vorteile:

- geringe Markergrößen
- keine direkte Sicht erforderlich
- preiswerte Komponenten
- Unterstützung für den gleichzeitigen Einsatz von mehr als 100 Markern
- geringes Störpotential durch reservierte Frequenzen
- lange Haltbarkeit der Marker

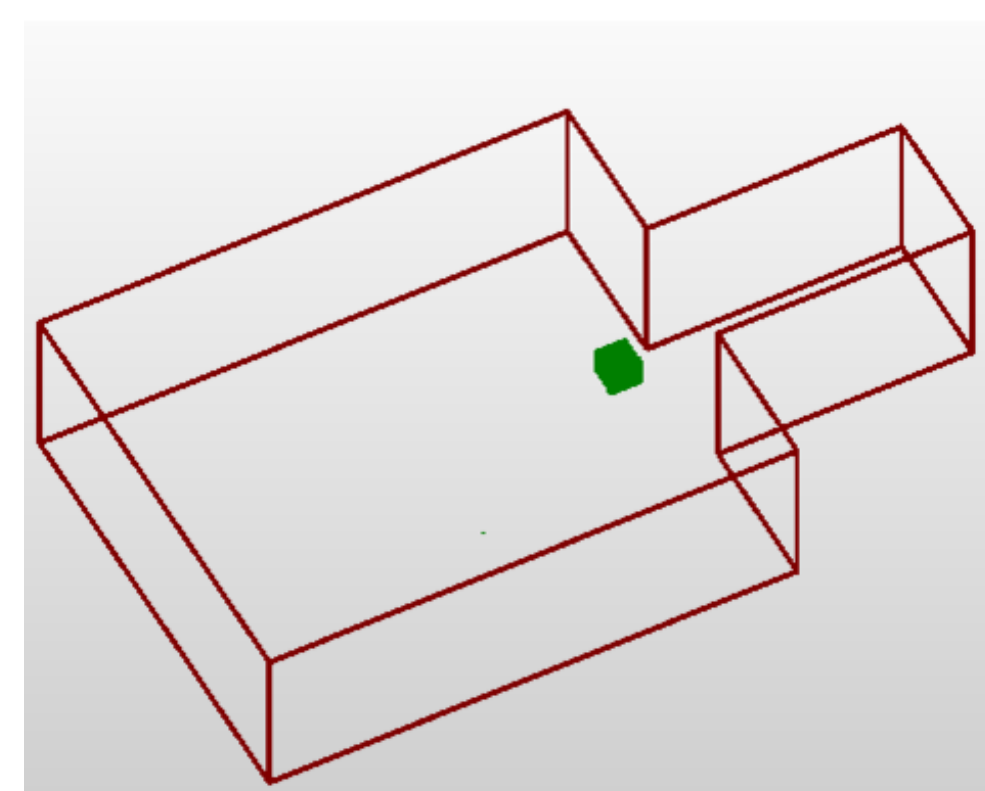
Funkbasierte Kommunikation zwischen einem Lesegerät (Reader) und mehreren Markern (Tags). Die passiven Tags werden durch ein Aufforderungssignal kabellos mit Strom versorgt und antworten mit ihrer Kennung (ID). Aus physikalischen Eigenschaften des Antwortsignals kann Abstand und Position der Tags geschätzt werden.

## Messungen & Verfahren

**Gemessen: 3D-Positionen auf 5 Pfaden mit PRPS-System und Referenz**  
Mindestabstand zwischen Positionen: 1 mm  
Messungen pro Positionen: 20 - 30



Linien L1 - L4 (je 198 Positionen)



Würfel (34.700 Positionen)

**Kalibrierung: Messungen an Positionen auf einem Gitteraster**  
Gitteraster (in mm): 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15

**Test: Abweichung an allen Messpositionen von PRPS zu Referenz**  
Referenzgenauigkeit: 0,1 mm

### Nearest Neighbor (k-NN)

Interpolationsalgorithmus, der Positionen  $p$  durch gewichtete Mittelung über die Positionen  $p'$  der  $k$  ähnlichsten Trainingsbeispiele  $(u_i, p'_i)$  schätzt

$$\text{Abbildungsfunktion } p = f(u) = \sum_{i=1}^k w_i p'_i \text{ mit Gewichten } w_i$$

### Support Vector Regression (SVR)

Überwachter Lernalgorithmus mit wählbarem Kernel  $k$  und Toleranz  $\epsilon$

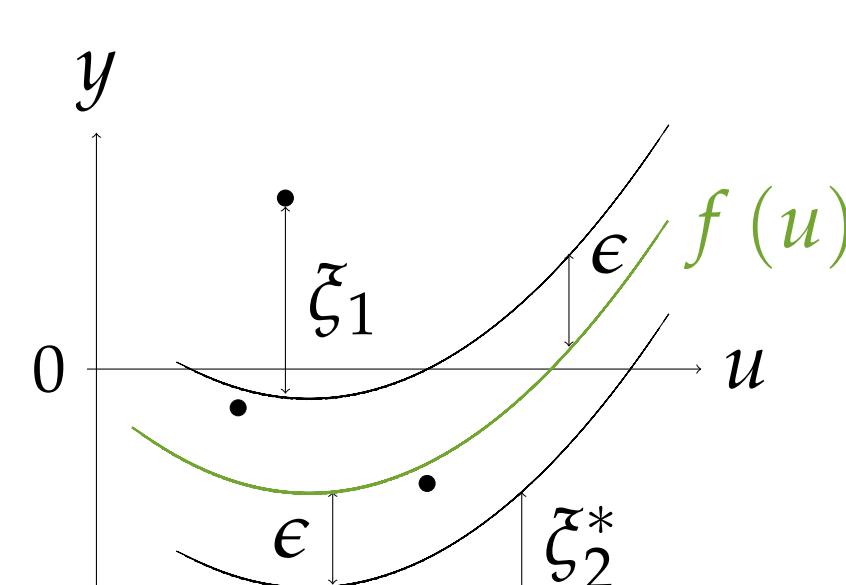
Eingabe:  $l$  Trainingsbeispiele  $(u_i, y_i) \in U \times \mathbb{R}, i = 1, \dots, l$

Ausgabe: Abbildungsfunktion  $f(u) = k(w, u) + b$  mit  $w = \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i u_i$

Löst das Optimierungsproblem:

$$\min_{w, \xi, \xi^*} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l (\xi_i + \xi_i^*)$$

$$\text{mit: } \begin{aligned} y_i - f(u_i) &\leq \epsilon + \xi_i \\ y_i - f(u_i) &\geq -\epsilon - \xi_i^* \\ \xi_i, \xi_i^* &\geq 0 \end{aligned}$$



## Ergebnisse

**Mittlere Genauigkeit der Positionsbestimmung:**

Linien:

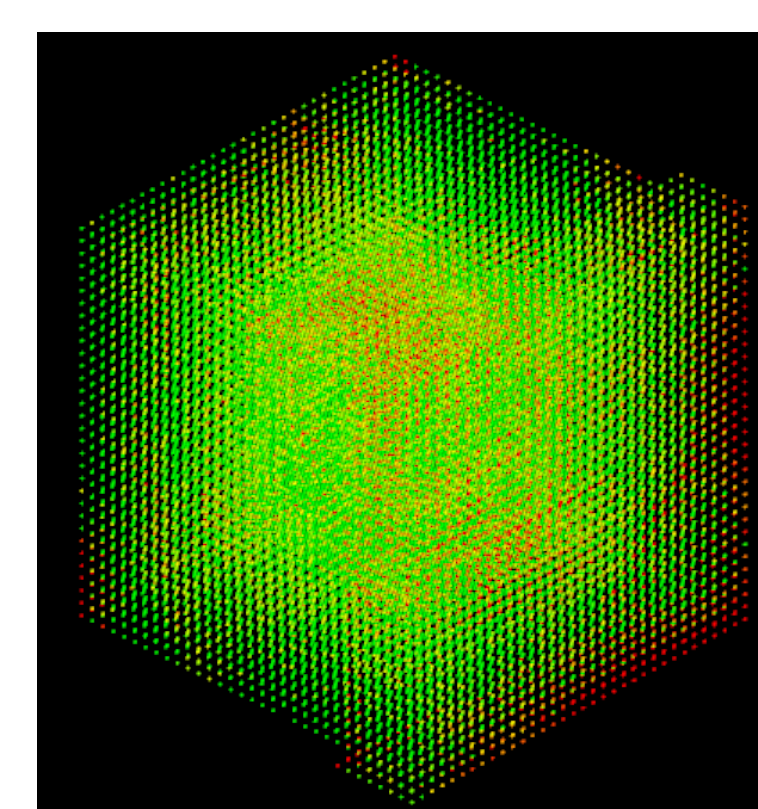
Gitterbreite	1-NN	2-NN	SVR
15 mm	5,3 mm	4,1 mm	3,9 mm
10 mm	3,6 mm	3,1 mm	3,7 mm
8 mm	3,0 mm	2,8 mm	3,0 mm
5 mm	2,2 mm	2,0 mm	2,5 mm
3 mm	1,4 mm	1,4 mm	1,9 mm
2 mm	0,9 mm	1,0 mm	1,2 mm
1 mm	0,1 mm	0,3 mm	0,6 mm

Würfel:

Gitterbreite	1-NN	2-NN	SVR
15 mm	8,7 mm	7,8 mm	5,7 mm
10 mm	5,6 mm	4,5 mm	2,3 mm
8 mm	4,3 mm	3,0 mm	1,5 mm
5 mm	3,0 mm	2,2 mm	1,2 mm

Nearest Neighbor ist bei kleinen Rastergrößen vorteilhaft

Bei großem Raster oder dreidimensionalen Daten liefert SVR bessere Genauigkeiten



Kodierung der Abweichung  $\delta$ :

grün:  $\delta \leq 1,0$  mm  
gelb:  $1,0 \text{ mm} < \delta \leq 2,0$  mm  
rot:  $2,0 \text{ mm} < \delta$

Farbkodiertes Ergebnis der Volumenmessung (SVR, 5 mm Gitter)

## Verbesserung des PRPS

Durchschnittliche Genauigkeit des Standardverfahrens des PRPS (Basis) auf Kalibrierungspositionen (1 mm Gitteraster): 3,8 mm

Linien:

Verfahren	Genauigkeit
1-NN (1 mm)	0,1 mm
2-NN (1 mm)	0,3 mm
SVR (1 mm)	0,6 mm
Basis (1 mm)	3,8 mm

Würfel:

Verfahren	Genauigkeit
SVR (5 mm)	1,2 mm
2-NN (5 mm)	2,2 mm
1-NN (5 mm)	3,0 mm
Basis (1 mm)	3,8 mm

Interpolation verbessert Leistung des PRPS enorm

## Förderung

