

Fußgängernavigation durch Messung des Fußversatzes

Kolloquium zur Diplomarbeit an der Universität Bremen

von Dschen Reinecke

Erstgutachter: Prof. Dr. Otthein Herzog

Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. F. Wilhelm Bruns

Beratung und Unterstützung: Stéphane Beauregard

27. Mai 2008



Ablauf

- Motivation und Erklärung des Fußversatz-Verfahren
- Andere Ansätze / State of the Art
- Vergleiche / Gegenüberstellung Fußversatz vs. andere Ansätze
- Fehlerabschätzung, Evaluation und Tests
- Ergebnisse: Nutzbarkeit des Fußversatz-Verfahrens
- Vergleiche mit anderen Ansätzen
- Fazit

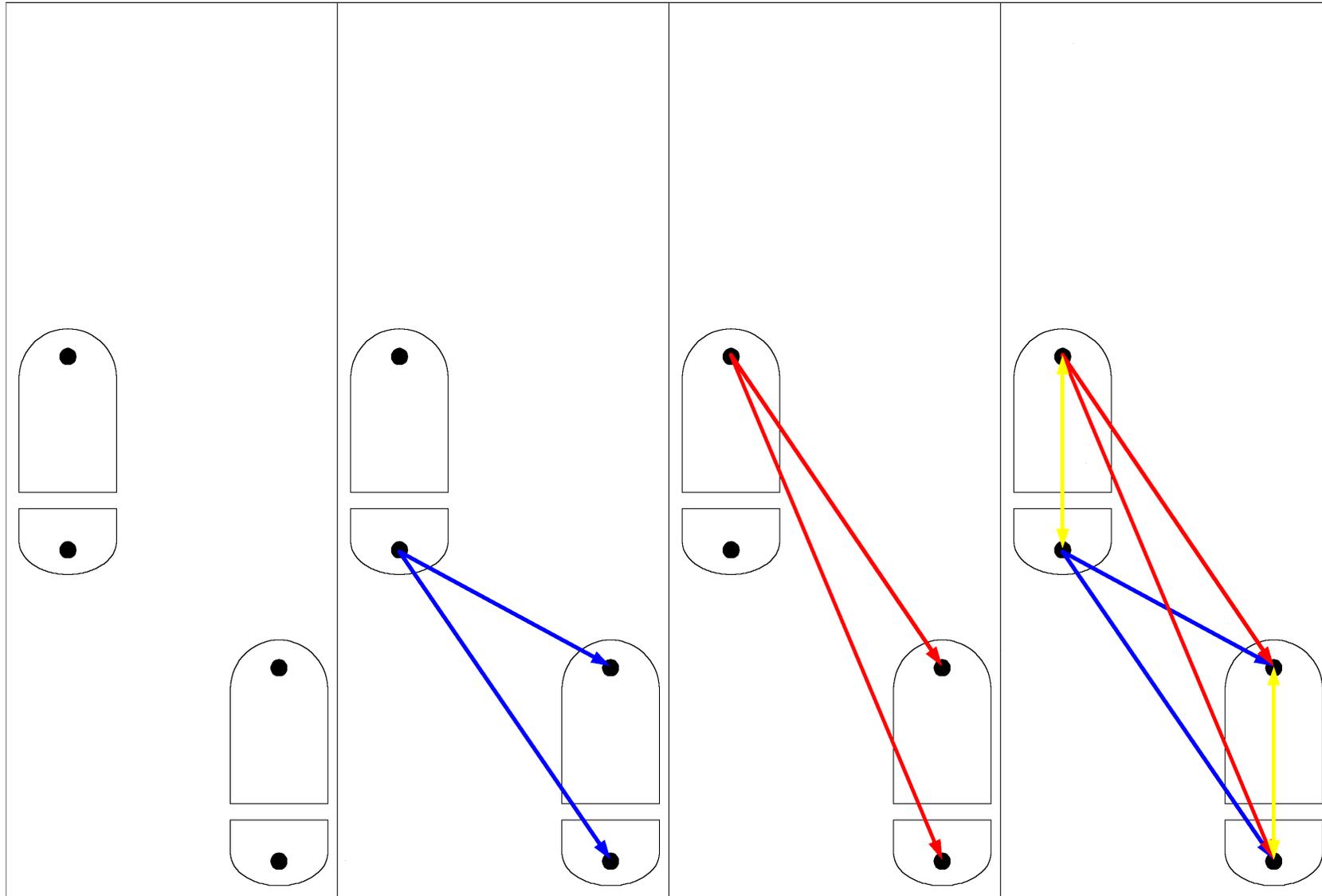
Motivation

- Thema Fußgänger-Positionierung durch Arbeitsgruppe vorgegeben
- Eingearbeitet und für Fußversatz entschieden weil
 - Interessanter Ansatz,
 - Wenig untersucht,
 - Erfolgversprechend
- Ziel: wissenschaftliche Untersuchung des Verfahrens, nicht Entwicklung eines funktionierenden Positionierungssystems

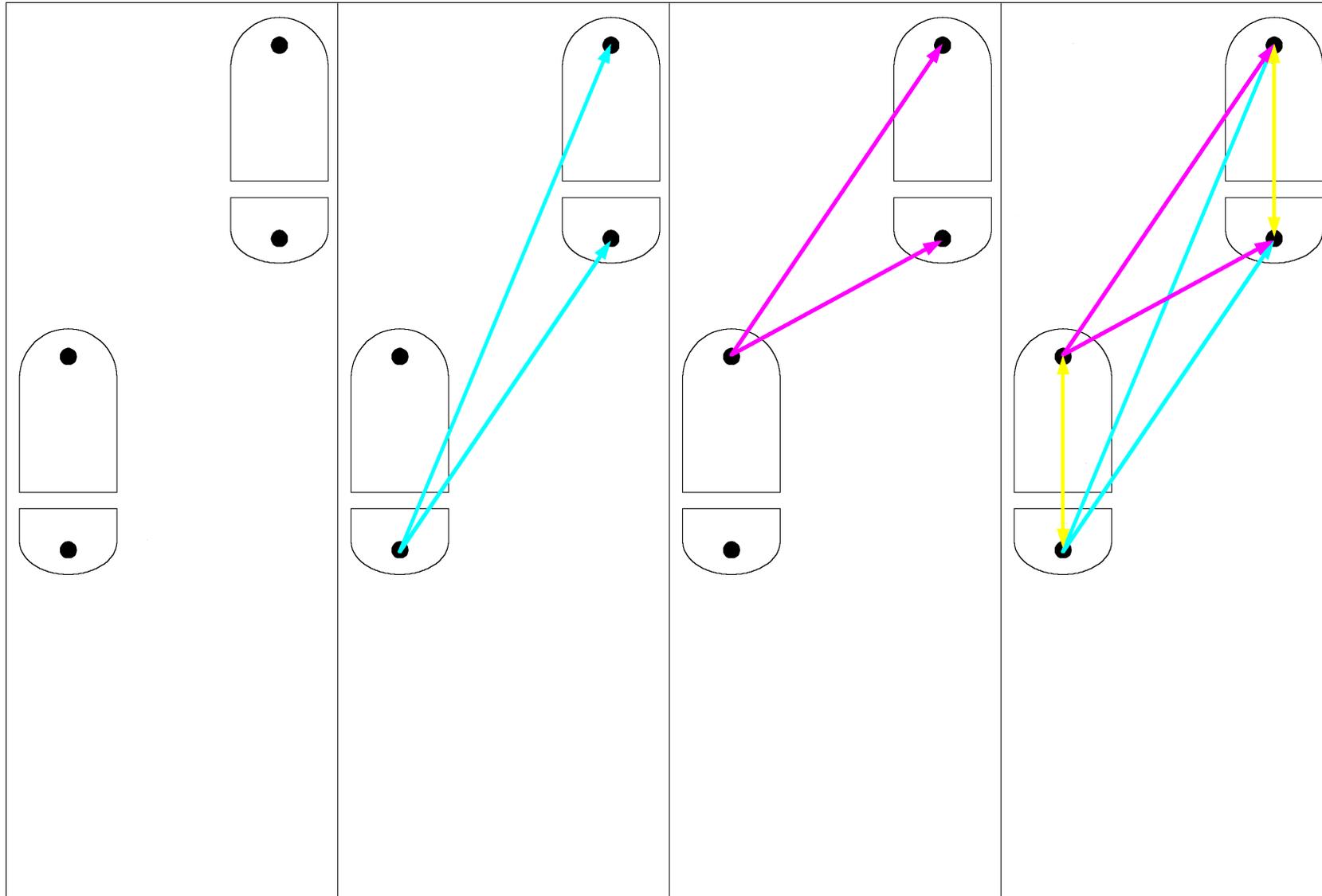
Verfahrens-Beschreibung

- Fußversatz:
 - Der Vektor zwischen den Schuhen / Füßen wird bestimmt
 - Sowohl vor, als auch nach einem Schritt
 - Der ruhende Fuß ist dabei die Referenz

Verfahrens-Beschreibung



Verfahrens-Beschreibung



Andere Ansätze

- Oft getrennte Ermittlung von Geschwindigkeit / Schrittlänge und Richtung
- Oft mit Infrastruktur (RFID, Sender...)
- Teilweise mit Raumplan im Hintergrund (Map Matching, Monte Carlo...)
- Oft verwendete Sensoren: Kompaß, Gyroskop, Beschleunigungssensoren
- Oft Schrittbasiert

Unterschiede zum Fußversatz

- Richtung und Distanz werden zusammen ermittelt
- Keine Infrastruktur notwendig
- Plakativer Einsatzzweck: Rettungseinsatz der Feuerwehr
 - Z.B. Ausgang finden im verrauchten, dunklen Gebäude
 - Oder Hilfe für die Einsatzleitung
- Aber auch jede Menge andere Einsatzzwecke möglich

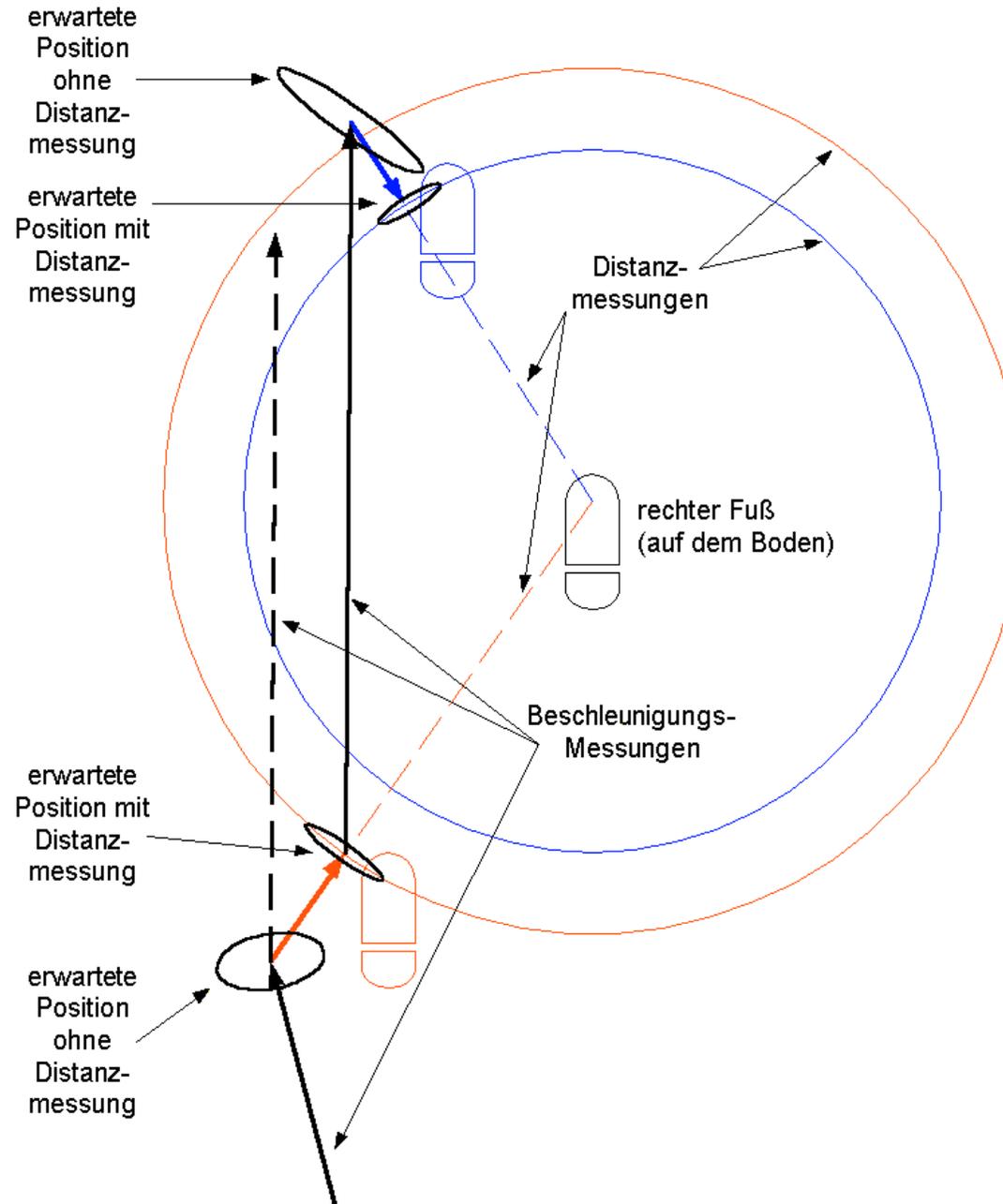
Geta-Sandals

- Von Kenji Okuda, Shun-yuan Yeh, Chon-in Wu, Keng-hao Chang und Hao-hua Chu
- Grundidee: Fußversatz mit Ultraschall-Entfernungsmessung nicht untersucht
- Zwei Veröffentlichungen, beide mit unnatürlich kleinen Schritten
- Wegen schlechter Genauigkeit:
 - Großteil der Positionierung mittels RFID-Tags (alle 3 / 5 Meter),
 - Ausrichtungsbestimmung mittels Kompaß-Modul,
 - In zweitem Paper: Beschleunigungsmesser als Back-Up

Foot-to-Foot

- Von Timothy J. Brand und Richard E. Phillips
- Beschleunigungsmessung-basierend
 - Mit Beschleunigungsmesser-Kalibrierung im Stand
 - Und Korrektur durch Funk-Abstandsmessung zwischen den Füßen
- Nur Simulation
- Langjährige Erfahrung beider Forscher
- Gute Positionsbestimmung

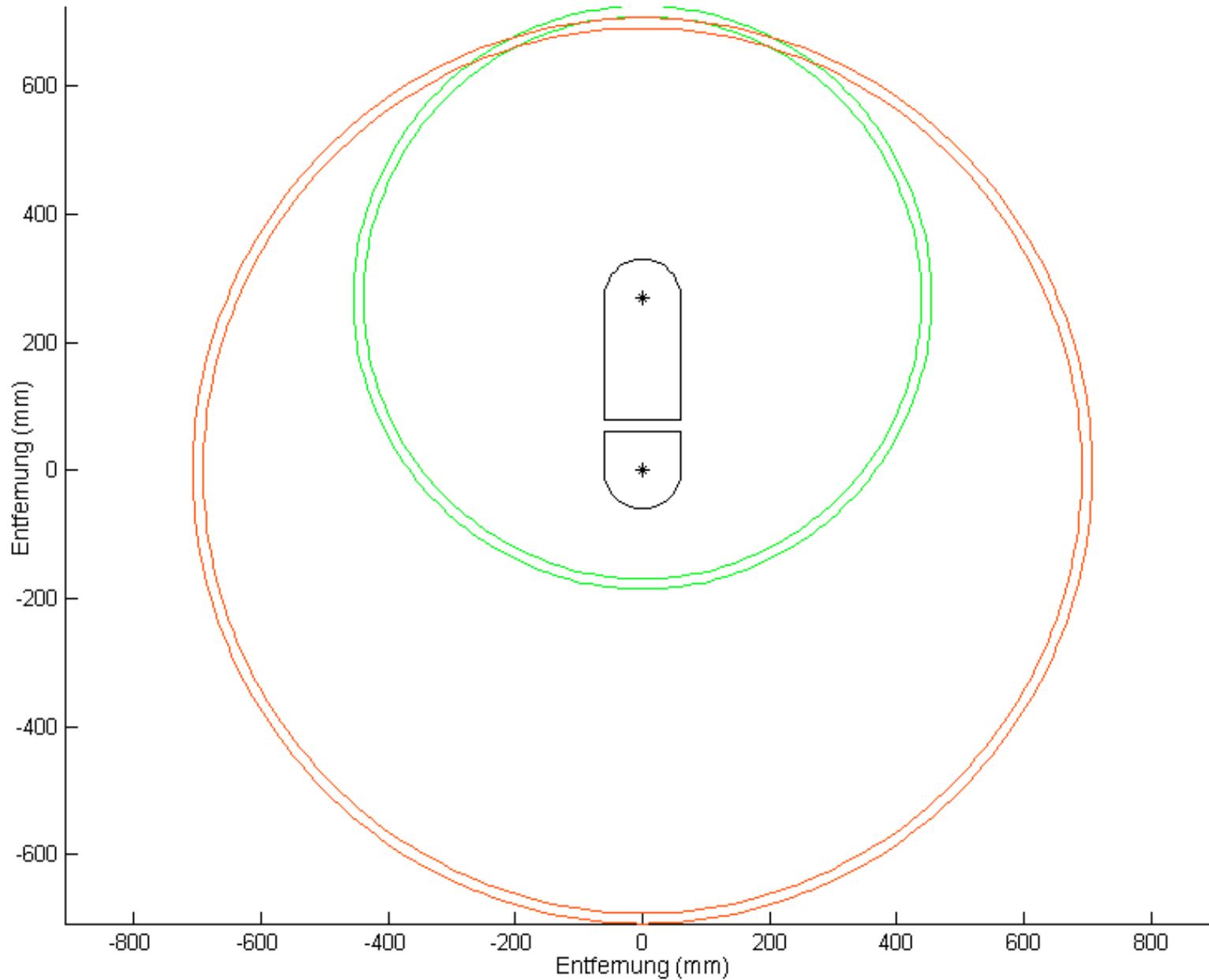
Foot-to-Foot



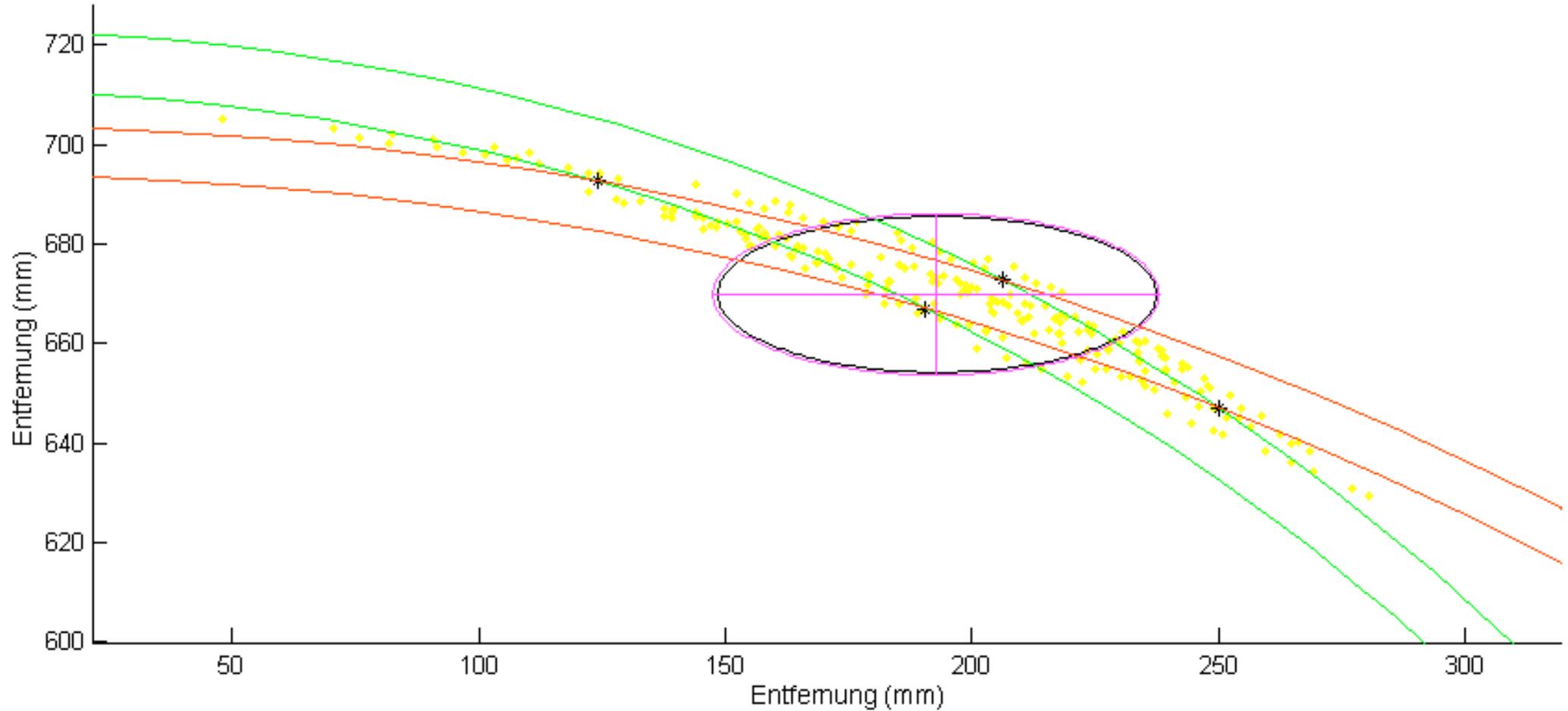
Fehlerabschätzung

- Basierend auf der bekannten Güte der Distanzmessung (Standardabweichung) wird eine Standardabweichung (Kovarianz-Matrix) der berechneten Position ermittelt
- Bisher nirgendwo implementiert
 - Bei Foot-to-Foot benutzt, allerdings nur zur Visualisierung

Fehlerabschätzung

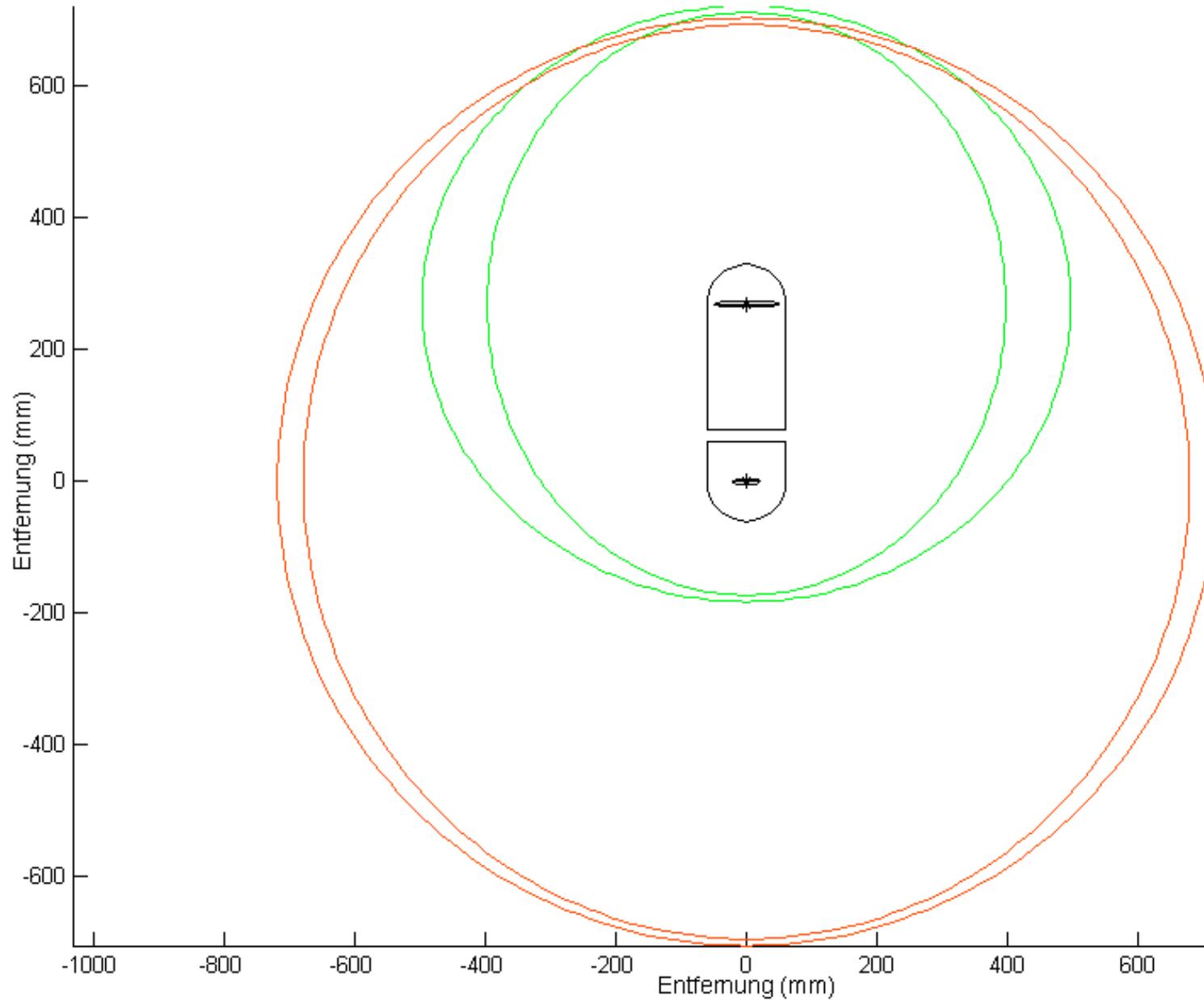


Fehlerabschätzung



lila: berechnet, schwarz: aus Zufallswerten (gelb) berechnet

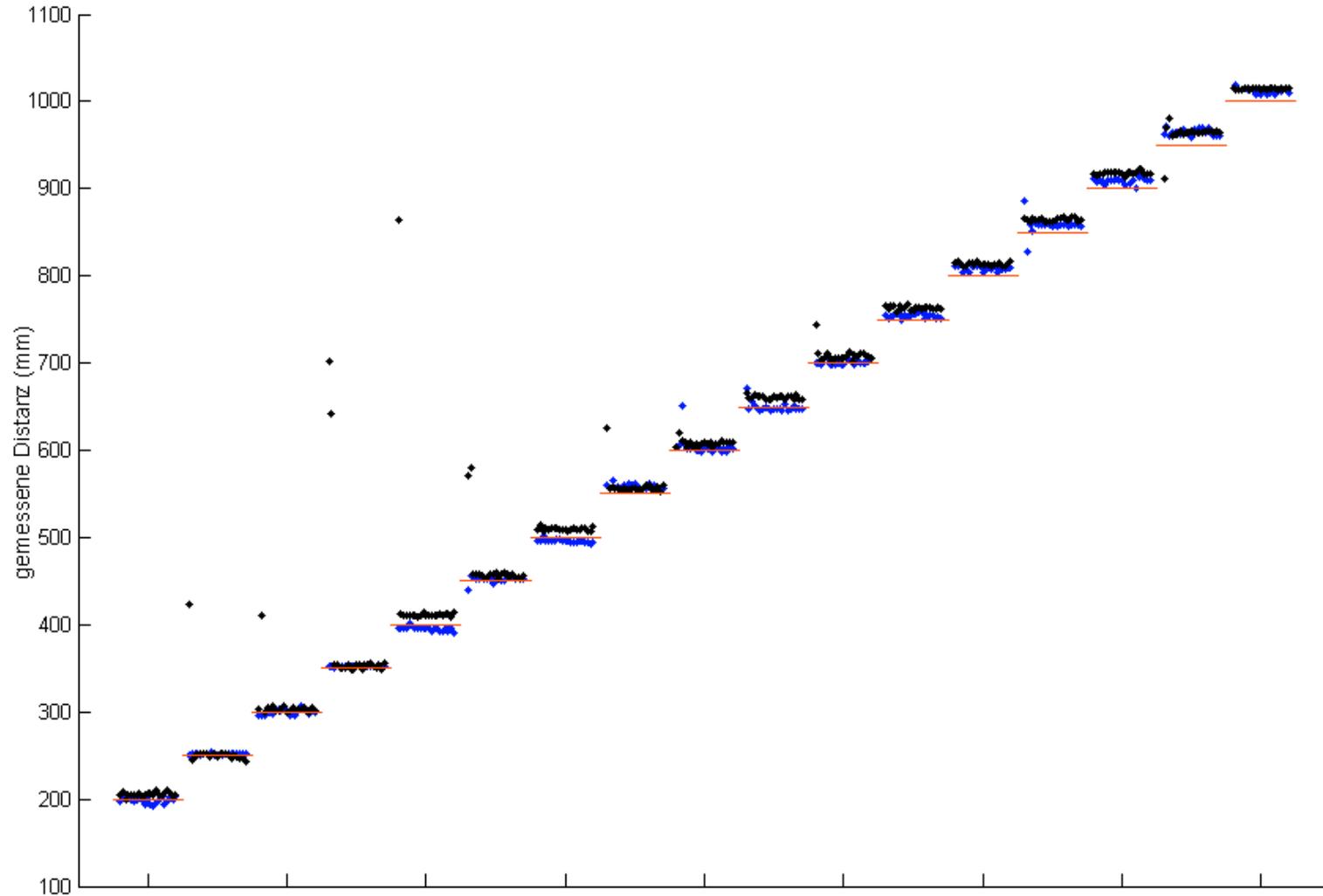
Fehlerabschätzung



Distanzmessung

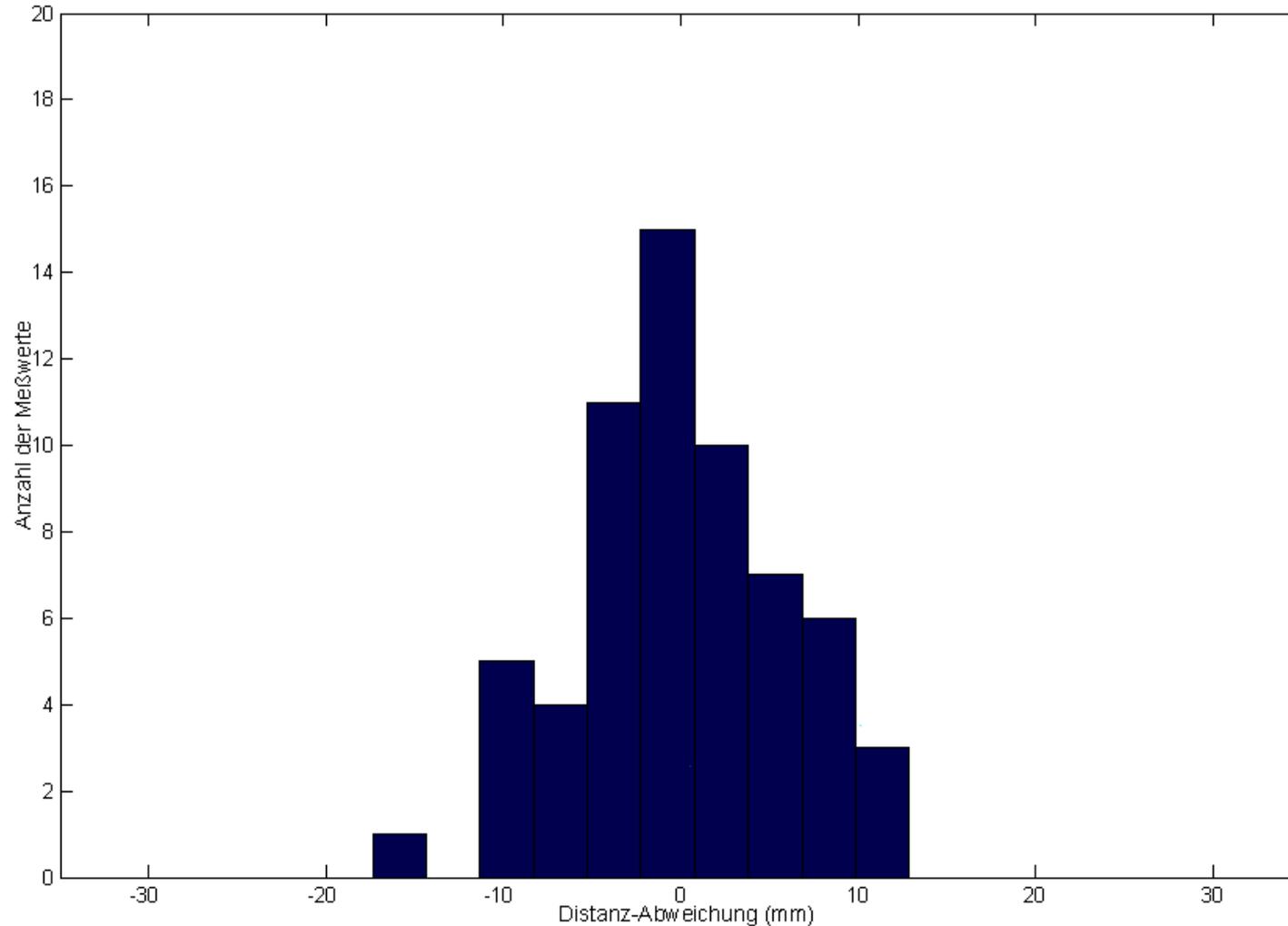
- Aufbau eines Ultraschall-Distanzmeßsystems
- Kombination: Time-of-Flight und Messung des Phasenversatzes
- Evaluations-Ergebnis: Meanwert über mehrere Messungen ist besser als Durchschnitt oder Durchschnitt der um Ausreißer bereinigten Meßwerte
- Etwa 6mm Standardabweichung
- Verschiedene Optimierungsmöglichkeiten möglich
- Ähnliches Ergebnis, wie Funk-Distanzmessung von Foot-to-Foot

Distanzmessung



blau: harter (Tisch), schwarz: weicher Untergrund (Teppich)

Distanzmessung

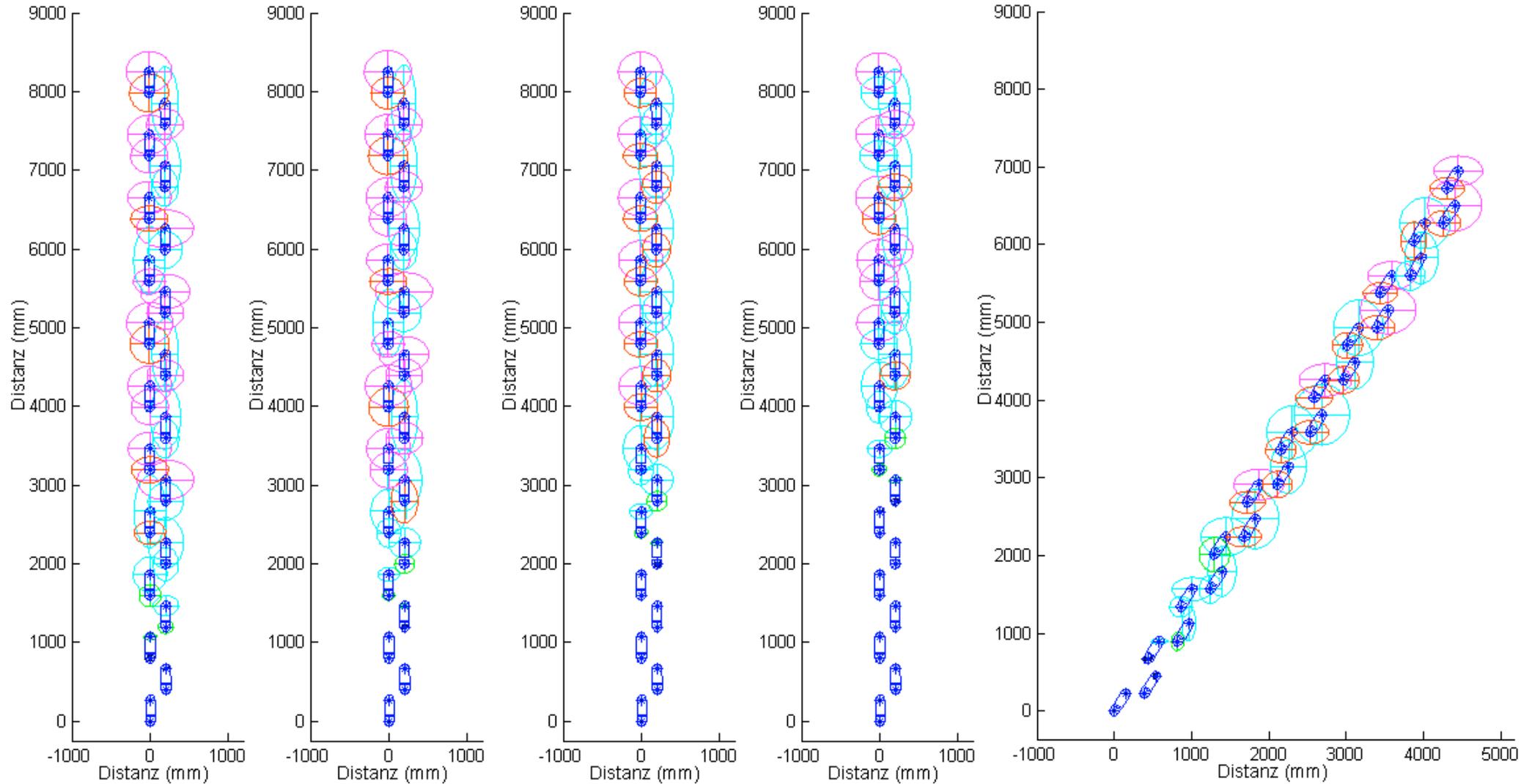


etwa Gauß'sche Normalverteilung

Tests in der Simulation

- Auf dieser Basis verschiedene Schritte berechnet
- Aber nach wenigen Schritten ist der Fehler der berechneten Position zu groß (Standardabweichungs-Ellipse)
- Auch bei Distanzmeßgüten von 1mm oder selbst bei technisch unmöglichen 0,01mm

Tests in der Simulation

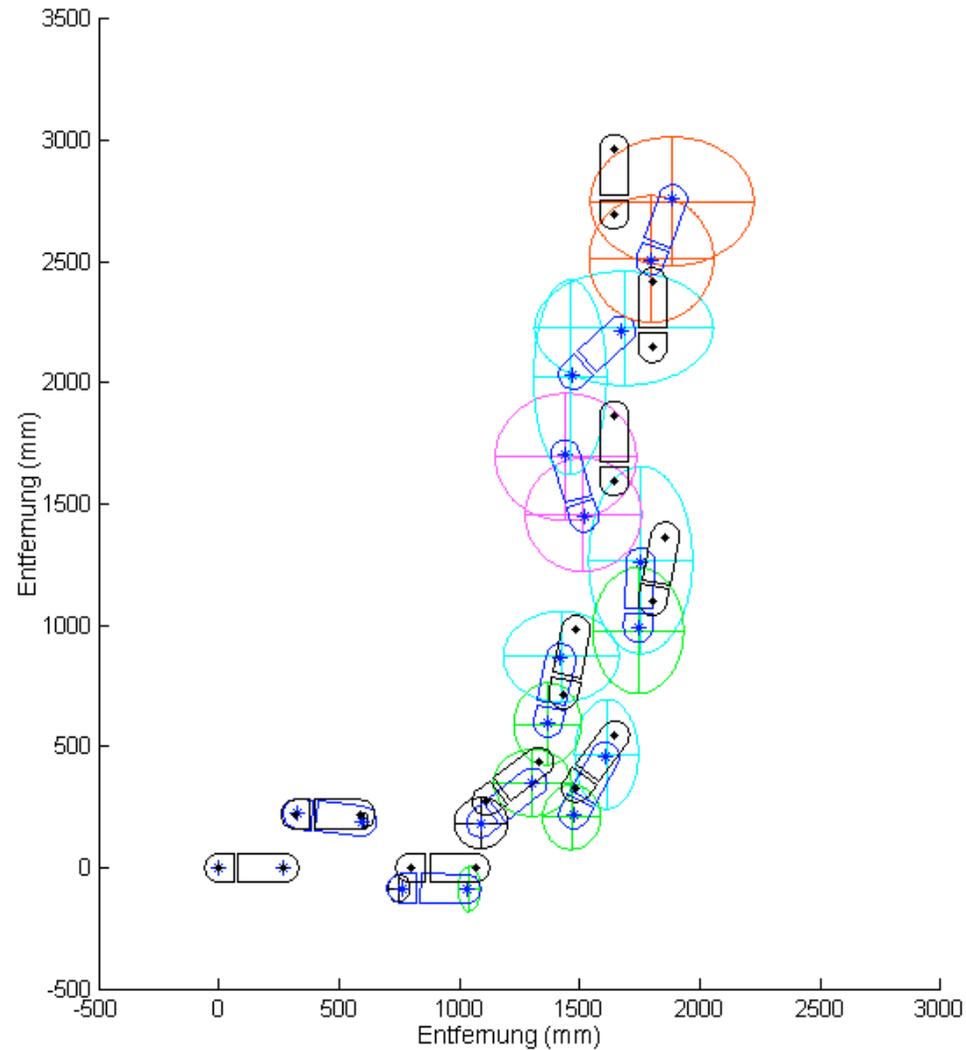


Reale Testläufe

- Trotzdem reale Testparkoure

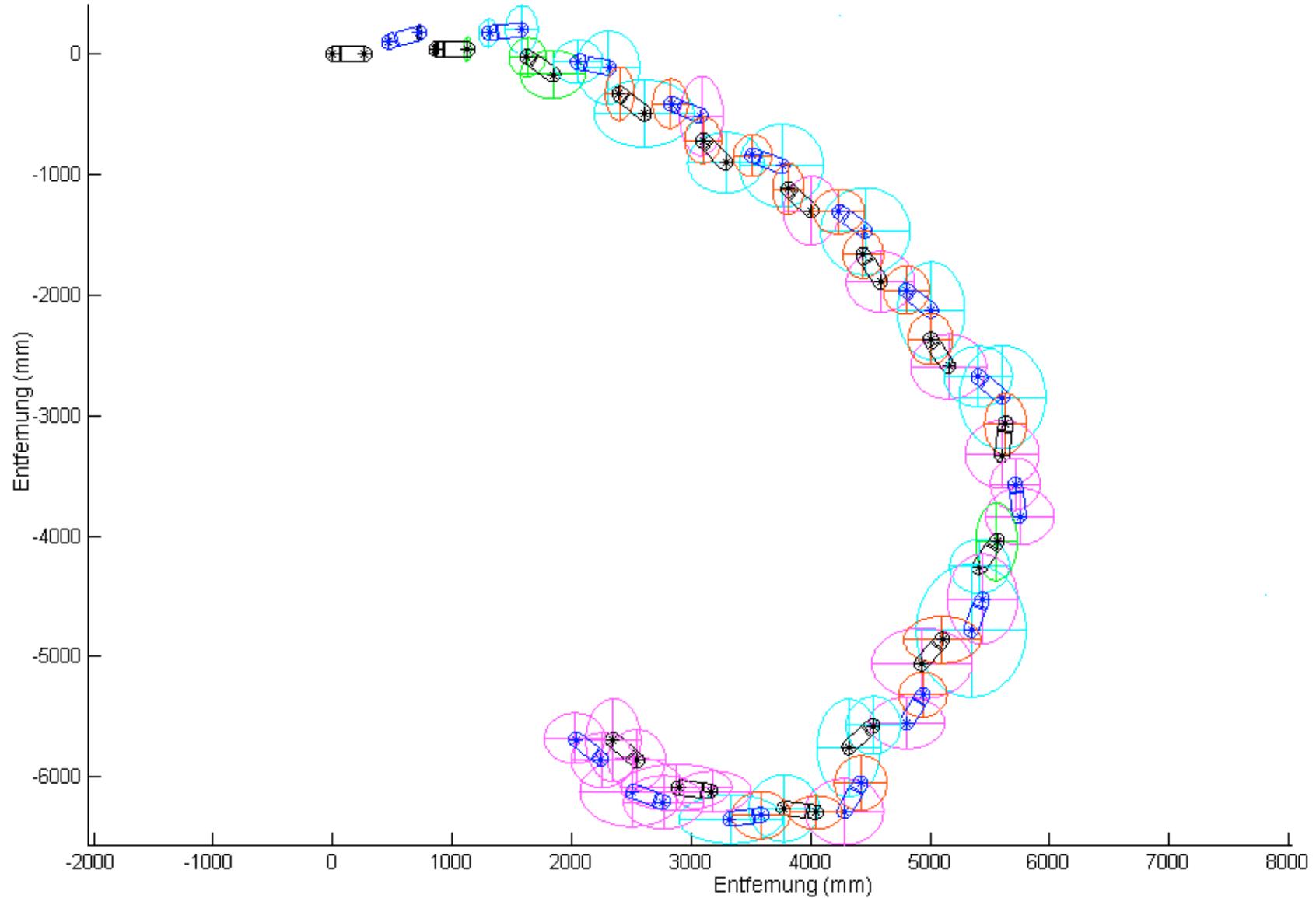


Reale Testläufe



schwarz: tatsächliche Positionen

Reale Testläufe

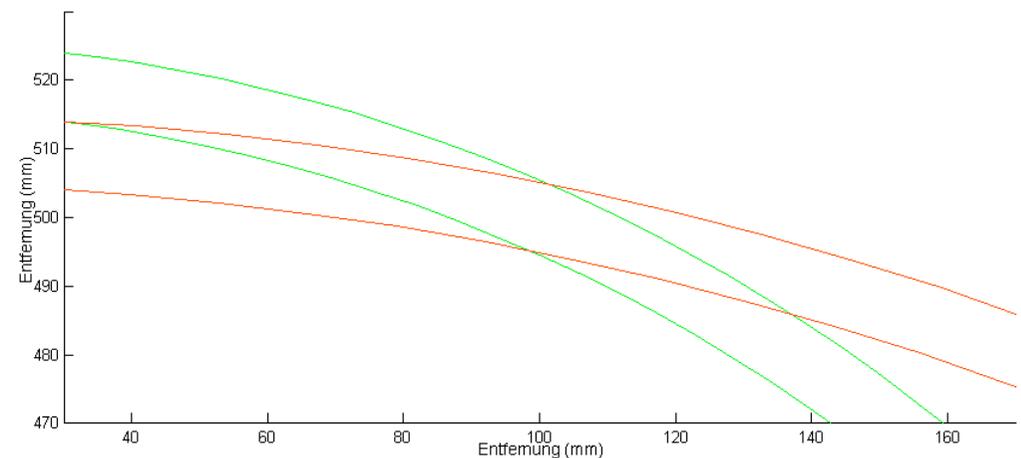
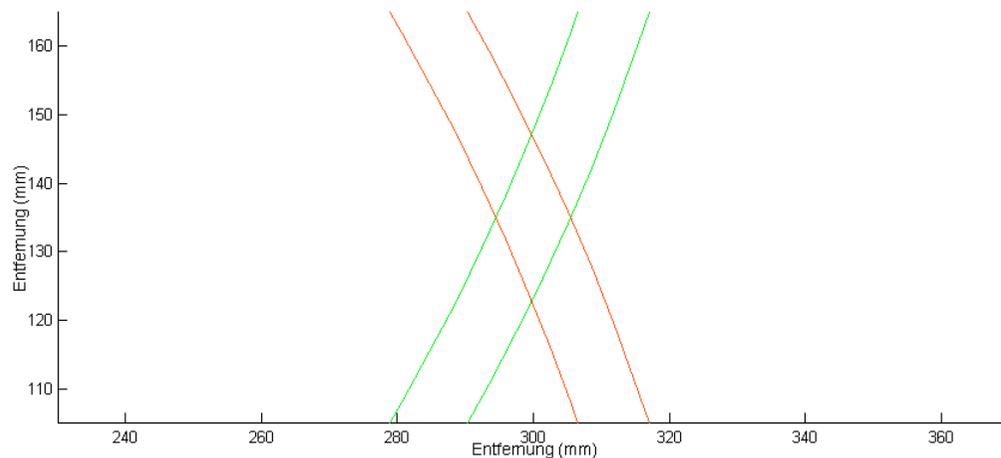


Nutzbarkeit der Positionierung

- Eine Positionierung nur auf Basis des Fußversatz-Verfahrens ist nicht sinnvoll
- Aber durch den stehenden Fuß als Referenz ist eine sehr genaue Schrittlängen-Bestimmung möglich
 - Diese ist besser als ein Großteil aller bisher veröffentlichten Verfahren
- Ergänzt um eine Ausrichtungsbestimmung (Kompaß, Gyroskop) ist eine sehr gute Positionierung zu erwarten

Schrittlängenbestimmung

- Bei anderen Verfahren wird die Schrittlänge über die Schrittdauer, die Beschleunigung oder per Winkelmessung von der Hüfte aus bestimmt
- Beim Fußversatz ist die Genauigkeit von der Ausrichtung der Füße zueinander abhängig



Schrittlängenbestimmung

- Bei 800mm-Schritten und 200mm Parallelenabstand und 5mm Standardabweichung der Distanzmessung lässt sich die Schrittlänge mit 25mm Standardabweichung bestimmen
- Kurze Schritte sind genauer bestimmbar
- Durch eine Ausrichtungsbestimmung lässt sich diese verbessern
- Der Prozentuale Fehler sinkt mit der Wegstrecke:

$$\sqrt{(\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2} \text{ gegen } \text{Schritt}_1 + \text{Schritt}_2$$

Vergleiche der Distanzbestimmung

- Kaum möglich, da oft wichtige Parameter (Schrittlänge, Fußlänge, Parallelenabstand) fehlen
- Tests mit Zufallszahlen
- Mit dem Fußversatz-System ist immer deutlich unter 1% Distanzfehler erreichbar
- Bei Helena Leppäkoski, Jani Käppi, Jari Syrjärinne und Jarmo Takala über eine Distanz von 1,87km der Distanzfehler meist unter 50m (= 2,7%)

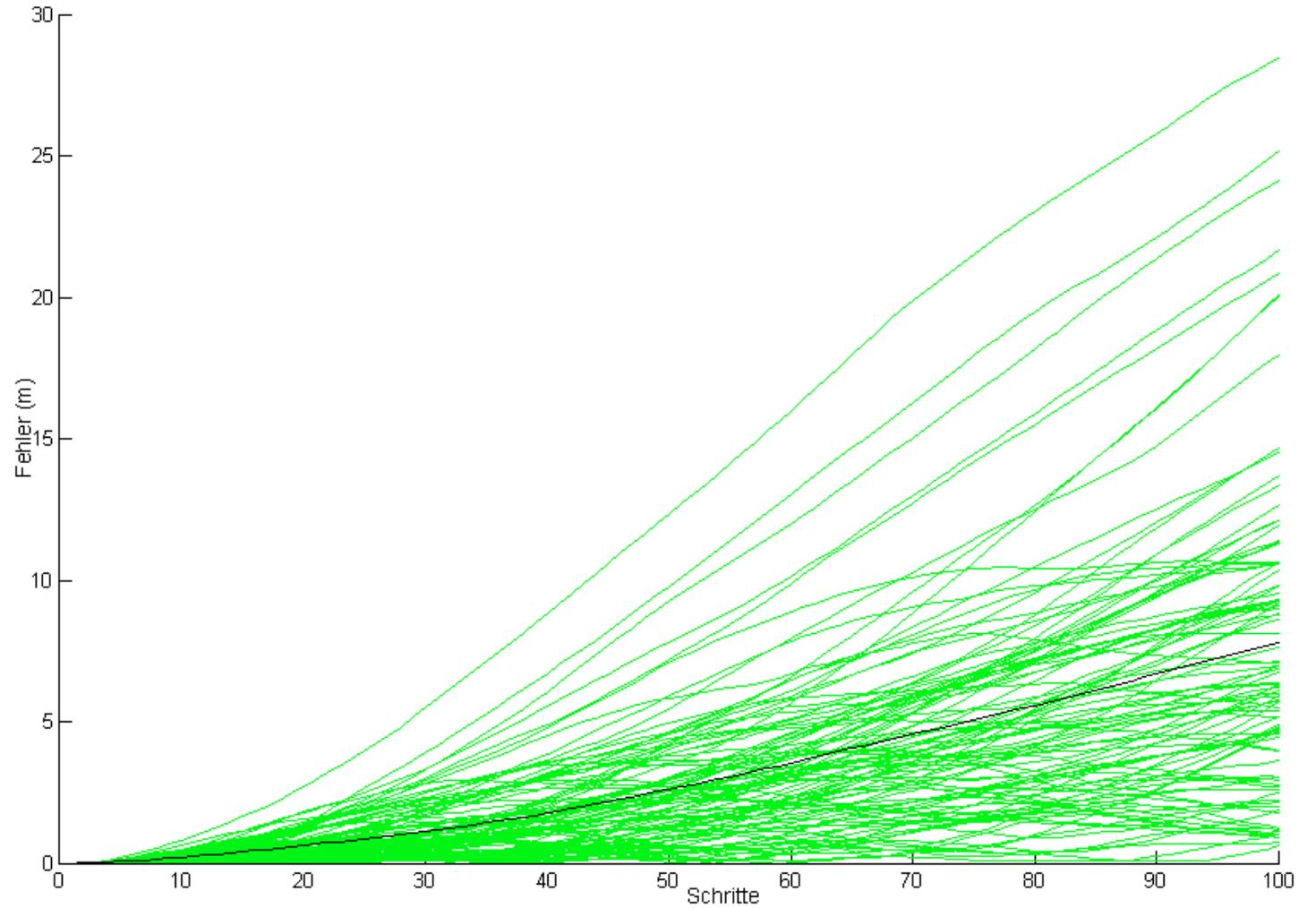
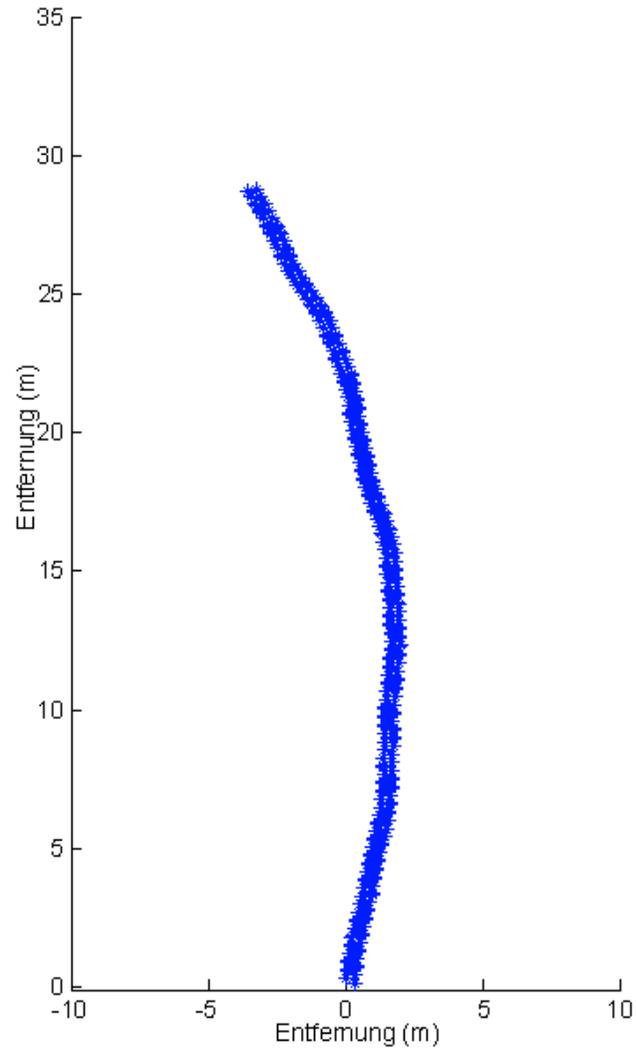
Vergleiche der Distanzbestimmung

- Vergleichende Abläufe mit unterschiedlichen Streckenlängen und Schrittgrößen:
- Foot-to-Foot-Strecke (1062 Schritte à 800mm = 850m, 200mm Parallelenabstand): 0,8m = 0,1% Distanzfehler
- Geta-Sandals-Strecke (100 kurze 300mm-Schritte = 30m, 200mm Parallelenabstand): 0,1m = 0,3% Distanzfehler

Vergleiche der Positionierung

- Mit Zufallszahlen getestet ergibt sich bei meinem System ein Positionierungsfehler von 8,0m bei der Geta-Sandals-Strecke
- Fehler fast ausschließlich durch Richtungsabweichungen
- Mit Ausrichtungssensor deutliche Verbesserung zu erwarten
- Da zu schlecht für die Fehlerberechnung wurde mit Zufallszahlen getestet

Vergleiche der Positionierung



Vergleiche der Positionierung

- Geta-Sandals haben bei ihren Tests 3,5m bis 9,1m Fehler, trotz Ausrichtungssensors
- Ihr System funktioniert entgegen ihrer Aussage bei großen Schritten nicht genauso gut

Fazit

- Erstmalige Einführung des Verfahrens der Fehlerberechnung
- Zur alleinigen Positionierung per Fußversatz sind die Anforderungen an die Distanzmessung technisch nicht umsetzbar
- Schrittlänge lässt sich so genauer bestimmen, als in fast allen anderen Veröffentlichungen
- Um eine Ausrichtungsbestimmung ergänzt kann ein zuverlässiges, infrastrukturloses Positionierungssystem aufgebaut werden

gibt es noch Fragen?

meine Diplomarbeit mit Literaturangaben und weitere Unterlagen:

über www.dschen.de/diplom/

ich danke für die Aufmerksamkeit