



Konzept eines wissensbasierten KALMAN-Filters für die Fußgängerortung (WiKaF)

Michael Thienelt ¹, Andreas Eichhorn ², Alexander Reiterer ³

¹ *Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, Institut für Geodäsie und Geophysik, Technische Universität Wien, Gusshausstraße 27-29, 1040 Wien*

² *Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, Institut für Geodäsie und Geophysik, Technische Universität Wien, Gusshausstraße 27-29, 1040 Wien*

³ *Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, Institut für Geodäsie und Geophysik, Technische Universität Wien, Gusshausstraße 27-29, 1040 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **93** (2), S. 96–104

2005

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Thienelt_VGI_200509,  
  Title = {Konzept eines wissensbasierten KALMAN-Filters für die Fußgängerortung (WiKaF)},  
  Author = {Thienelt, Michael and Eichhorn, Andreas and Reiterer, Alexander},  
  Journal = {VGI -- Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation},  
  Pages = {96--104},  
  Number = {2},  
  Year = {2005},  
  Volume = {93}  
}
```



Konzept eines wissensbasierten Kalman-Filters für die Fußgängerortung (WiKaF)



Michael Thienelt, Andreas Eichhorn und Alexander Reiterer, Wien

Zusammenfassung

Wesentliche Voraussetzung für die Verwendung von orts- und situationenbezogenen Informationen durch Location Based Services ist die genaue, zuverlässige und möglichst überall verfügbare Ortung des mobilen Nutzers. In diesem Umfeld stellt die Positionsbestimmung von Fußgängern in „passiven Umgebungen“ eine besondere Herausforderung dar. In diesem Beitrag erfolgt die Vorstellung eines neuen wissensbasierten Ansatzes zur Steigerung der Qualität der Fußgängerortung.

Abstract

The precise, reliable and preferably everywhere available positioning of mobile users is a substantial precondition for the provision of location and situation based information by Location Based Services. Within these applications locating of pedestrians in 'passive environments' represents a special challenge. In this paper a new knowledge based approach for the improvement of position quality is presented.

1. Einleitung

In den letzten Jahren gab es einen immensen Aufschwung bei diversen Anwendungen der Navigation. Vor allem die Fahrzeugnavigation hat den Sprung von den Forschungslabors zu den Anwendern vollzogen. Der nächste logische Schritt ist es nun das einzelne Individuum zu „navigieren“¹⁾. Vor allem von Seiten der Mobilfunknetzbetreiber ist bereits jetzt eine starke Präsenz am Markt zu bemerken. Dies hängt wohl vor allem mit der Notwendigkeit zusammen die Investitionen in teure UMTS Lizenzen durch die Einführung von neuen, gewinnbringenden Kundendiensten zu rechtfertigen. Es ist eine verstärkte Entwicklung und Investition in sog. Location Based Services (LBS) zu beobachten. Viele dieser Dienste bieten ortsbezogene Informationen für Nutzer mit mobilen Endgeräten („mobile devices“ – z.B. PDA, Handy, s. Abbildung 1) an. Die Dienstleistung erfolgt damit in Abhängigkeit von der aktuellen Position / Situation des Nutzers. Beispiele hierfür sind das „Friendfinding“ oder Abfragen von nächstgelegenen Restaurants / Einkaufsmöglichkeiten.

Im Bereich der Nutzung von LBS für Fußgänger hat vor allem der Umbau der amerikanischen Armee zu einer verstärkten Forschungstätigkeit geführt. Ein wichtiger Schwerpunkt liegt hierbei

auf dem Gebiet der Positionsbestimmung der Fußgänger (Infanteristen). Eine durch mobile Geräte unterstützte Navigation soll dann eine schnellere und weniger fehleranfällige Orientierung in unbekanntem Gelände ermöglichen. Auf dem Gebiet der zivilen Nutzung ist vor allem die Touristikbranche als Anwendung für die Fußgängeravigation anzuführen. Der Individualtourist soll in der Lage sein, auf bequeme Art selbstständig die Stadt zu erkunden. In Abhängigkeit von seiner Position werden ihm hierzu Zusatzinformationen über Sehenswürdigkeiten, Einkaufsmöglichkeiten usw. zur Verfügung gestellt.



Abb. 1: Designstudie aus dem Projekt LOL@ [17]

Generell lassen sich die Methoden zur Positionsbestimmung (Ortung) nach der Art der Umgebung unterteilen: (1) Ortung in einer

¹⁾ Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang das Projekt NAVIO (Fußgängeravigation in Gebäuden und im städtischen Umfeld) an der Technischen Universität Wien [14].

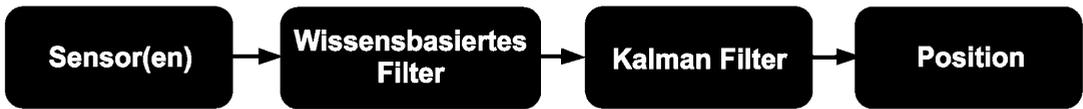


Abb. 2: Prozesskette des WiKaF-Systems

passiven Umgebung und (2) Ortung in einer aktiven Umgebung. Unter passiver Umgebung versteht man die Nutzung von Sensoren, die im mobile device integriert sind. Die Positionsbestimmung erfolgt somit völlig autonom. Als Sensoren kommen hierbei unter anderem GPS, Ortung über Mobiltelefon, digitaler Kompass oder Pedometer zum Einsatz [14].

Von einer aktiven Umgebung spricht man, wenn sog. active Landmarks vorhanden sind, die Informationen an das mobile device senden. Dieses Prinzip ist bereits erfolgreich in Museen mit Hilfe von Infrarotschnittstellen realisiert [4]. Das Exponat ortet sozusagen den Besucher und übermittelt die Informationen an dessen mobile device. Mit Hilfe von WLAN sind aktive Landmarks auch im städtischen Umfeld realisierbar. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird auch darüber nachgedacht die RFID²⁾ Technologie in diese Entwicklung mit einzubeziehen. Durch die Notwendigkeit der „Zupflasterung“ des menschlichen Umfeld mit aktiven Landmarks, stellt sich vor allem die Frage nach der Finanzierung. Moralische und humane Bedenken seien hier nur am Rande erwähnt [17].

Entsprechend dem NAVIO-Projekt [6] wurde im Rahmen des WiKaF-Projektes entschieden, den Ansatz der autonomen Positionsbestimmung mit Multisensorsystemen zu verfolgen. Nach einer Idee von Retscher [13] wird hierbei der Ansatz eines wissensbasierten Multisensorsystems verfolgt. Ziel beider Projekte ist es, einen Beitrag zur Steigerung der Positionsgenauigkeit gegenüber marktüblichen Systemen zu leisten und eine möglichst überall verfügbare Positionsinformation (relevant vor allem für den innerstädtischen Bereich) zu gewährleisten. Im Bereich der autonomen Ortungs- und Navigationssysteme stellt die Nutzung für Fußgänger immer noch eine Herausforderung dar. Aufgrund der großen Bewegungsfreiheit der Fußgänger im oftmals nicht digital erfassten Umfeld sind Konzepte anderer Navigationsbereiche, wie z.B. Map Matching bei der Fahrzeugnavigation, häufig

nicht übertragbar. Spezielle Problembereiche der Fußgängerortung und -navigation sind die Bestimmung der zurückgelegten Strecke, die freie Bewegung der Fußgänger im innerstädtischen Umfeld mit z.T. sehr schlechter GPS-Verfügbarkeit und -qualität sowie der Übergang zwischen Outdoor und Indoor (dead reckoning-Szenarios).

2. Systemarchitektur

In Abbildung 2 ist die Prozesskette für die Positionsbestimmung von Fußgängern mit wissensbasierter KALMAN-Filterung dargestellt. Die Sensoren einer Multisensorplattform erfassen sowohl absolute als auch relative Positionsdaten des Fußgängers. Diese Messdaten werden in einer wissensbasierten Vorverarbeitung auf ihre Plausibilität hin untersucht, grobe Fehler eliminiert und mit einem der aktuellen Umgebungssituation angepassten stochastischen Modell in ein KALMAN-Filter eingeführt. Das Filter leistet dann die Zusammenführung der hybriden Sensorinformationen (Multisensorintegration) zu einer optimalen Schätzung des aktuellen kinematischen Bewegungszustands des Fußgängers (z.B. Position, Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung).

Im Folgenden werden die einzelnen Bestandteile der Prozesskette mit ihren wesentlichen Funktionalitäten beschrieben.

2.1. Sensoren

Für die Arbeit im WiKaF-Projekt steht das im Rahmen des NAVIO Projektes [6] erworbene DeadReckoning-Modul (DRM III) der Firma PointResearch [12] zur Verfügung. Dieses Modul ist ein kommerziell angebotenes Sensormodul für die Fußgängernavigation. Es beinhaltet die Erfassung von Sensordaten sowie deren Verarbeitung. Dieses Modul beinhaltet auch einen KALMAN-Filter mit dessen Hilfe eine Trasse berechnet werden kann. Im Rahmen dieser Arbeit, soll das DRM III nur zur reinen Datenerfassung genutzt werden. Die Weiterverarbeitung der Sensordaten wird dann mit dem neu entwickelten wissens-

²⁾ RFID (Radio Frequency Identification) ist eine Methode um Daten berührungslos lesen und speichern zu können. Die Daten werden dabei auf sog. RFID-Tags (engl. für Etiketten) gespeichert. Der Begriff RFID bezeichnet die komplette Infrastruktur, die es möglich macht, Informationen drahtlos aus dem RFID-Tag auszulesen. Diese beinhaltet neben dem RFID-Tag, eine Send-/Empfangseinheit und eine Integration in ein bestehendes Serversystem [5].

basierten KALMAN-Filter erfolgen. In einem späteren Stadium der Arbeit kann die vom DRM III erzeugte Trasse zu Vergleichszwecken mit herangezogen werden.

Das Modul besteht aus folgenden Einzel-sensoren: 12 Kanal GPS-Empfänger mit Antenne, digitaler Kompass, TRIAX-Beschleunigungsmesser (verwendbar zur Schritterkennung), Barometer und einem Drehratensensor (Gyro). Der eingebaute 12 Kanal GPS-Empfänger basiert auf dem SiRF-Chipsatz. Vom Hersteller wird eine maximale Messgenauigkeit von $\pm 5\text{m CEP}$ (Circular error probable; Sicherheitswahrscheinlichkeit von 50%)[11, 12] angegeben. Diese Angabe gilt für den GPS-Empfänger in Kombination mit der mitgelieferten Antenne. Die GPS-Antenne kann mit Hilfe einer Mütze am Kopf des Fußgängers befestigt werden. Das GPS ist der einzige absolute Sensor des Moduls und somit die einzige

Möglichkeit eine absolute Positionsbestimmung vorzunehmen.

Die anderen Sensoren des Moduls sind relative Sensoren die hauptsächlich für die Durchführung der Koppelnavigation benötigt werden. Das Azimut der Bewegung des Fußgängers wird aus einer Kombination von digitalen Kompass und RateGyro bestimmt. Die im Modul integrierten Beschleunigungssensoren werden zur Schritterkennung verwendet. Aus der Anzahl der Schritte und der Schrittlänge kann die zurückgelegte Strecke berechnet werden. Für die Schritterkennung ist es sehr wichtig, dass das Modul mittig (des Rückens) am Gürtel des Benutzers befestigt wird. Die richtige Befestigung des Moduls hat eine signifikante Auswirkung auf die Güte der Schritterkennung. Abbildung 4 zeigt den Teil eines Ausgabefiles der durch die Einzel-sensoren erfassten Daten.

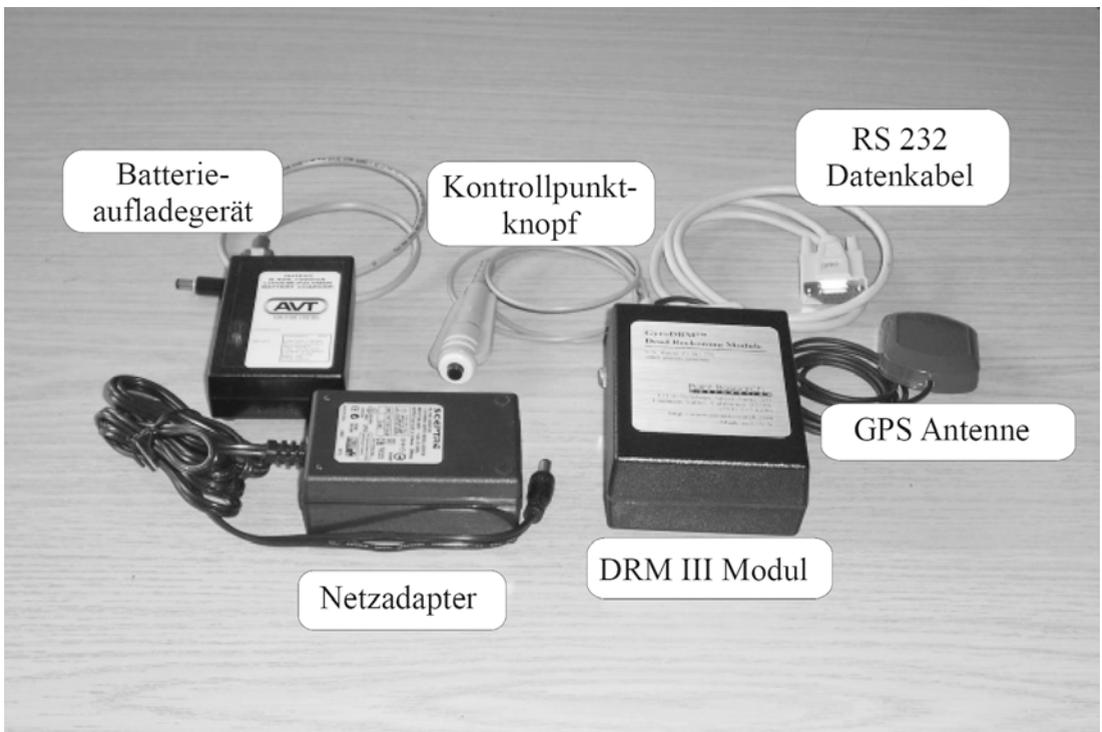


Abb. 3: Systemkomponenten des DRM III

Time	Steps	East	North	Head	DRAlt	INIat	INLong	INFE	Bofst	Stride	GPSStat	GPSLat	GPSLong	GPSEast	GPSNorth	GPSAlt	GPSEPE	NewFix	Mark
13:28:54	14	1.8	1.7	131.7	260	0.00000	0.00000	100	0.0	800	-1	48.18697	16.31562	0.0	0.0	61	-1	0	0
13:28:54	14	1.8	1.7	131.7	260	0.00000	0.00000	100	0.0	800	-1	48.18697	16.31562	0.0	0.0	61	-1	0	0
13:28:55	14	1.8	1.7	131.2	260	0.00000	0.00000	100	0.0	800	-1	48.18697	16.31562	0.0	0.0	61	-1	0	0
13:28:55	14	1.8	1.7	131.2	260	0.00000	0.00000	100	0.0	800	-1	48.18697	16.31562	0.0	0.0	61	-1	0	0
13:28:56	14	1.8	1.7	131.0	260	0.00000	0.00000	100	0.0	800	-1	48.18697	16.31562	0.0	0.0	61	-1	0	0

Abb. 4: Messdatensatz des DRM III

2.2. Wissensbasierte Filterung

Nach erfolgreicher Messwerterfassung bzw. Teilerfassung durch das Multisensorsystem werden die Messwerte einer ersten Filterung unterzogen. Diese hat die Aufgabe Störungen und Ausreißer, welche nicht in die KALMAN-Filterung einfließen sollen, zu beseitigen und der aktuellen Umgebungssituation angepasste Fehlermodelle für die Messdaten bereitzustellen.

Da für den erfolgreichen Einsatz dieser Messwertfilterung umfangreiches „Knowledge Engineering“ durchgeführt werden muss, welches als rekursiver Entwicklungsprozess gesehen werden sollte (s. Abbildung 8), wird eine möglichst vollständige Entkoppelung dieser Systemkomponente angestrebt. Auf Grundlage dieser Anforderung wird die Messwertfilterung als wissensbasierte Komponente realisiert. Durch diesen Ansatz erfolgt eine klare Trennung von Problemwissen und Wissensverarbeitung; eine Erweiterung, Modifikation oder ein Austausch der Wissensbasis kann wesentlich leichter erfolgen.

Zu den Komponenten eines wissensbasierten Systems zählen: die Wissensbasis, die Inferenzkomponente, die Benutzerschnittstelle, die Erklärungskomponente und die Wissenserwerbskomponente. Wissensbasis, Inferenzkomponente und Benutzerschnittstelle bilden die Kernkomponenten eines wissensbasierten Systems. Die Wissensbasis enthält das Problemwissen in deklarativer Form. Dieses Wissen wird durch die Inferenzkomponente verarbeitet, wobei neues Wissen in Form von Fakten abgeleitet wird. Um mit dem Benutzer in einen interaktiven Kommunikationsprozess zu treten, bedarf es einer Benutzerschnittstelle, welche zumindest in einer minimalen Form vorhanden sein muss. Zusätzlich kann jedes wissensbasierte System über eine Wissenserwerbskomponente, welche die Akquisition neuen Wissens erleichtern soll, und über eine Erklärungskomponente, welche dem Benutzer Auskunft über die konkrete Lösungsfindung geben soll, verfügen.

Für eine umfangreiche Beschreibung wissensbasierter Systeme sei auf die Literatur verwiesen [8, 16].

Für die praktische Implementierung wissensbasierter Systeme existieren, wie auch in der konventionellen Programmierung, verschiedene Ansätze (prozedurale Methoden, objektorientierte Methoden, logikbasierte Methoden, u.a.); im praktischen Einsatz werden meist Mischformen verwendet. Für die Umsetzung des wissens-

basierten Messwertfilters wird ein regelbasierter/objektorientierter Ansatz realisiert.

Ein regelbasiertes System besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen: dem sog. Arbeitsspeicher (working memory – WM) und der Regelbasis (rule memory).

Der Arbeitsspeicher ist eine Sammlung von einzelnen Typen sowie deren Instanzen. Vergleichbare Formen sind record in Pascal oder struct in C. Die eigentlichen Elemente des Arbeitsspeichers (working memory elements) sind dann konkrete Instanzierungen.

Der zweite Teil eines regelbasierten Systems ist die Regelbasis. Eine Regel ist grundsätzlich in zwei Teile unterteilt, nämlich in den Bedingungsteil (lefthand side – LHS) und den Aktionsteil (righthand side – RHS). Im Bedingungsteil stehen die sog. Vorbedingungen, welche für das Ausführen der Regel erfüllt sein müssen. Erst wenn alle Vorbedingungen erfüllt sind, wird der Aktionsteil der Regel ausführbar. Regeln können als sog. IF-THEN-Statements gesehen werden; z.B.:

IF (Bedingung 1 AND Bedingung 2) THEN (Aktion).

Die Kodierung der Regel(n) erfolgt in der gewählten Programmiersprache (für wissensbasierte Systeme sind dies meist Sprachen, welche auf Lisp basieren); der hier vorgestellten wissensbasierten Messwertfilter wird mit Hilfe von Clips bzw. WxClips [2, 20] implementiert.

Wie bereits oben kurz angedeutet erfolgt die Abarbeitung der Regeln durch die Inferenzkomponente. Bei regelbasierten Systemen, wie dem unseren, erfolgt dieser Prozess vorwärtsverkettet nach dem sog. „Erkenne-Agiere-Zyklus“ (Recognize-Act-Cycle). Dieser besteht aus drei Teilschritten: der Musterung, bei der sämtliche Regeln auf Ausführbarkeit untersucht werden, der Regelauswahl, bei der eine konkrete Regel aus der Vorauswahl selektiert wird und der Aktion, bei der die selektierte Regel bzw. ihr Aktionsteil ausgeführt wird. Dieser Kreislauf wird solange durchlaufen bis keine Regel mehr ausführbar ist oder eine explizite „halt-Anweisung“ erfolgt.

2.3. Zentrales KALMAN-FILTER zur optimalen Positionsbestimmung

Die durch das wissensbasierte System vorverarbeiteten Messdaten des DRM sollen im Rahmen einer Multisensorintegration zu einer genauen, zuverlässigen und möglichst überall verfügbaren Positionsinformation des Fußgängers zusammen-

geführt werden. Aus diesem Grund wird zur Sensorfusion ein (datenbasiertes) Ortungsmodul mit zentralem KALMAN-Filter entwickelt. Die KALMAN-Filterung ermöglicht die optimale Schätzung des Bewegungszustands des Fußgängers unter Ausnutzung von theoretischen Annahmen über dessen Bewegungsverhalten (Systemgleichungen) und Hinzunahme von empirischen Messungen (Messgleichungen). Ihre theoretischen Grundlagen werden u.a. in [7] und [15] beschrieben.

In die Systemgleichungen des Filters wird ein kinematisches 3D-Bewegungsmodell integriert, welches die Prädiktion des Bewegungszustands (z.B. Position, Geschwindigkeit und Orientierung des Fußgängers) von einer Epoche t_k zur nächsten Epoche t_{k+1} ermöglicht. Die Überprüfung und Aufdatierung der Prädiktion erfolgt dann unter Ausnutzung der jeweils aktuellen DRM-Messungen und der zugehörigen Fehlermodelle (s.a. Abbildung 5). Nichtdeterminierbares Bewegungsverhalten des Fußgängers (z.B. zufällige Beschleunigungsprozesse) wird durch die Hinzunahme von entsprechenden Störgrößen im stochastischen Modell des Filters berücksichtigt.

Die Bewegung zwischen zwei Filterepochen wird als gleichförmig angenommen. Ein möglicher Ansatz hierfür ist durch eine Folge von Kreisbewegungen für die Lagekoordinaten gegeben [19] (s. Abbildung 5). Ein integrierter 3D-Ansatz (Helix-Modell) findet bspw. in [1] Verwendung. Eine Reduktion der Trägheit der kinematischen Modelle bei plötzlichen Orientierungsänderungen des Fußgängers kann durch die zusätzliche Integration von messtechnisch erfassten Stellgrößen erfolgen. Diese sog. „kausale Modifizierung“ wird in [3] erfolgreich zur Filterung von Fahrzeugmanövern eingesetzt.

In Abbildung 6 ist ein Entwurf der funktionalen Architektur des Ortungsmoduls dargestellt. Es besteht prinzipiell aus vier Submodulen, welche die Umgebungssituation („Outdoor“, „Indoor“), den Bewegungszustand des Fußgängers („Fußgänger steht“) und Notfallsituationen („Filterausfall“) berücksichtigen.

Von besonderer Relevanz im Outdoor-Bereich ist die Detektion von schlechter GPS-Qualität (Sprünge infolge von Multipath-Effekten, etc.). Unter Zuhilfenahme der Ergebnisse der wissensbasierten Voranalyse erfolgt im Ortungsmodul eine zusätzliche statistische Bewertung der Widersprüche zwischen Bewegungsmodell und GPS-Messungen (z.B. Innovationstests) und eine adäquate Gewichtung von GPS im stochasti-

schon Modell des KALMAN-Filters. Im Indoor-Bereich liegt ein „dead reckoning“-Szenario vor, welches wesentlich durch den richtungsgebenden Sensor des DRM (elektronischer Kompass) bestimmt wird. Entsprechend der GPS-Behandlung werden die Azimut-Messungen auf grobe Fehler hinsichtlich der Bewegungsrichtung untersucht und entsprechend gewichtet.

Bei der Besetzung der stochastischen Modelle für Stör- und Messgrößen des KALMAN-Filters wird bei geodätischen Anwendungen üblicherweise von zeitlich unkorrelierten Rauschprozessen ausgegangen [9]. Gerade bei aufeinanderfolgenden GPS-Messungen treten aber häufig sehr hohe Autokorrelationen auf (sog. „farbiges Rauschen“), die prinzipiell durch eine Erweiterung des KALMAN-Filters zu einem „Formfilter“ [10] berücksichtigt werden können. Zentrales Problem hierbei ist die Bestimmung der korrekten Parameter der farbigen Rauschprozesse [9, 10]. Im Rahmen des WiKaF-Projekts wird untersucht werden, ob und inwieweit mit der Quantifizierung eines Formfilters eine Steigerung von Genauigkeit und Zuverlässigkeit in der Positionsbestimmung erzielt werden kann. Hierzu sind zunächst zwei Strategien angedacht:

1. A priori Untersuchung von Zeitreihen der Messsensoren und Ermittlung der Kenngrößen der farbigen Rauschprozesse
2. Schätzung der Parameter der Rauschprozesse im Rahmen einer adaptiven Erweiterung des KALMAN-Filters

3. Weiterer Projektablauf

Nachdem die theoretischen Grundlagen und die Systemarchitektur grob umrissen wurden, soll kurz auf die prototypische Realisierung eingegangen werden. In der noch sehr frühen Projektphase umfasst diese vor allem die Festlegung der Testgebiete und die detaillierte Planung der einzelnen Entwicklungsschritte.

3.1. Testgebiete

Für Aufbau und Implementierung des wissensbasierten KALMAN-Filters ist die Festlegung von (in Hinblick auf dessen spätere Anwendungsbereiche) repräsentativen Testgebieten erforderlich. Es werden drei unterschiedliche Szenarien ausgewählt: zwei Outdoor und ein Indoor Szenarien.

Die zwei Outdoor Testgebiete unterscheiden sich nach ihrem GPS-Empfang. Testgebiet 1 (TG-1) wird voraussichtlich im Schlosspark

Schönbrunn (Wien) errichtet. Die Realisierung ist für Frühjahr 2005 geplant.

Bereits umgesetzt ist die Einrichtung eines Testgebietes (TG-2) im städtischen Umfeld mit Abschnitten in denen der GPS Empfang sehr schlecht oder gar nicht vorhanden ist. Dieses Gebiet befindet sich zwischen Resselpark und dem Elektrotechnischen Institutsgebäude der Technischen Universität Wien und spannt ein Dreieck (140m x 200m x 250m) auf. Durch Polygonzugmessung, trigonometrischer Höhenübertragung und Nivellement wurde eine Solltrasse realisiert.

Ebenfalls bereits realisiert ist eine Solltrasse für den Indoorbereich (TG-3, s. Abbildung 7). Diese wurde wiederum durch Polygonzugmessung und trigonometrischer Höhenübertragung im Elektrotechnischen Institutsgebäude der Technischen Universität Wien festgelegt. Die Trasse hat Anschluss an die Solltrasse des zweiten Testgebietes und führt ausgehend vom Eingangsbereich in die dritte Etage. Auf halber Strecke wurde ein „Abstecher“ in einen, vom Flur begehbaren Raum realisiert. Die Trasse führt dann weiter über ein zweites Treppenhaus hinab zum Haupteingang und schließt wieder an die Solltrasse des zweiten Testgebietes (TG-2) an.

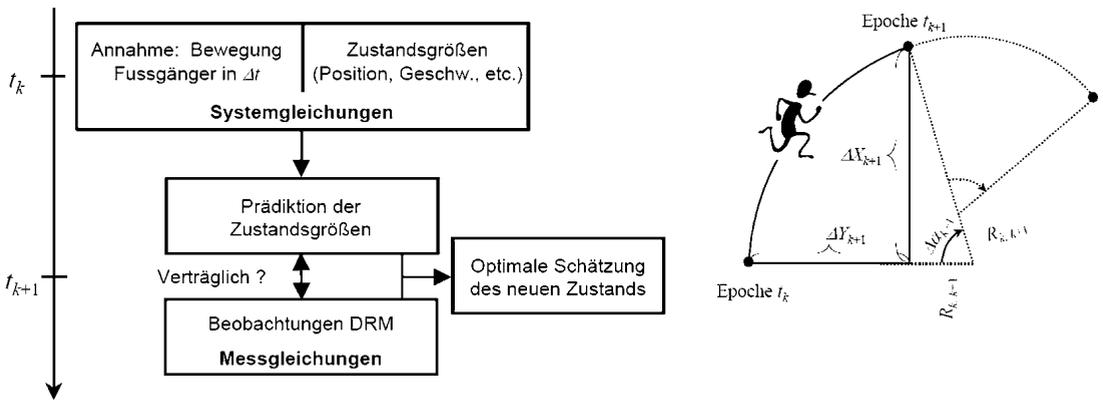


Abb. 5: Kalman-Filter und gleichförmige Kreisbewegung des Fußgängers (exemplarisch für Lagekoordinaten)

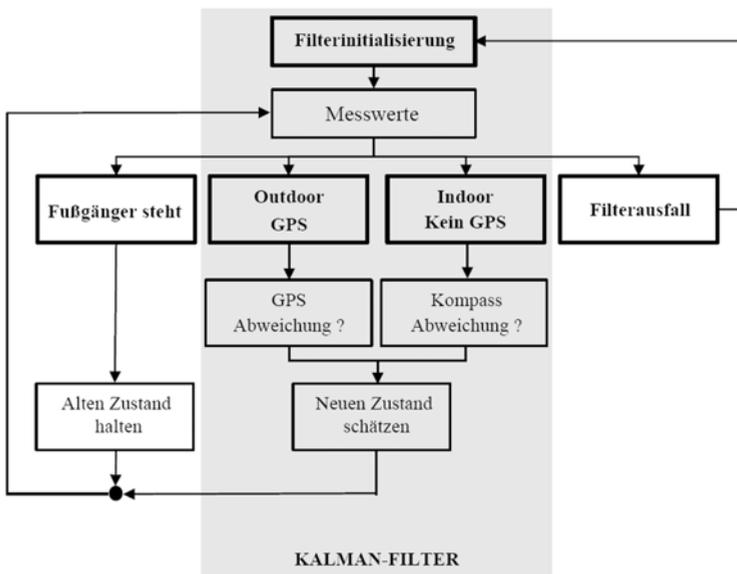


Abb. 6: Systemarchitektur des (datenbasierten) Ortungsmoduls

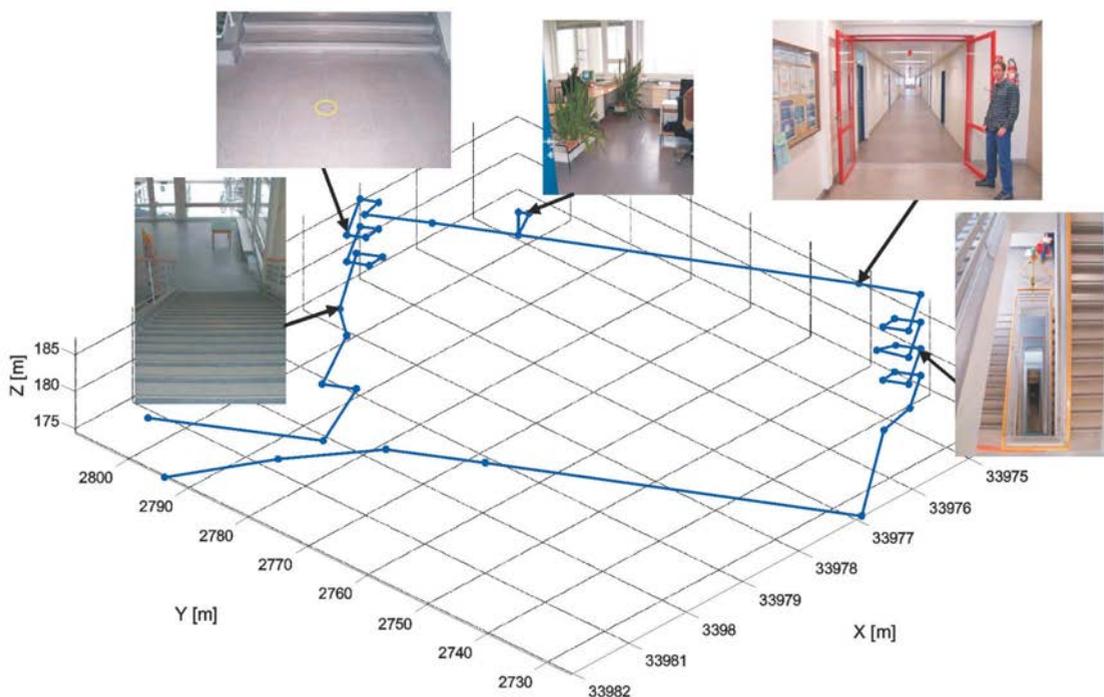


Abb. 7: Verlauf der Indoor-Trajektorie (TG-3)

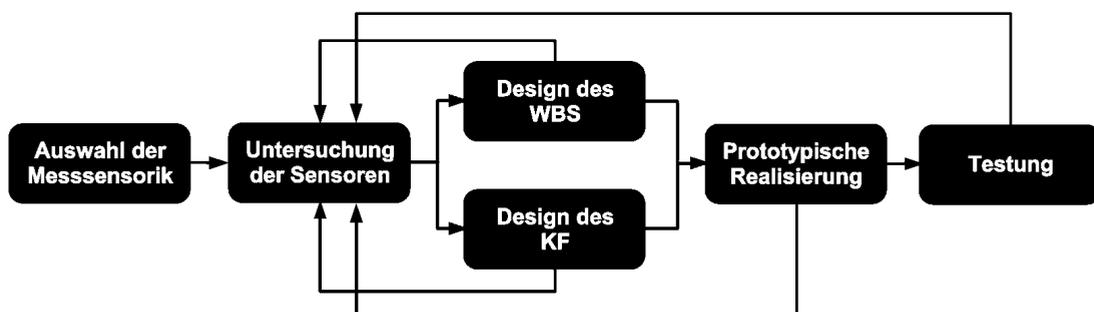


Abb. 8: Übersicht über den Projektplan von WiKaF

3.2. Projektplan

Am Schluss der konzeptuellen Beschreibung soll auf den weiteren Ablauf bzw. die weiteren Projektschritte kurz eingegangen werden. Ein grober Überblick über die wichtigsten Projektphasen ist in Abbildung 8 dargestellt.

Wie bereits kurz angedeutet, ist die Auswahl der Messsensorik weitgehend abgeschlossen³⁾ und es wird in Kürze (April 2005) mit der Untersuchung der Sensoren und der Ableitung der zugehörigen Sensor- und Störmodelle begonnen. Dieser Prozess repräsentiert einen der wichtigsten Schritte innerhalb des WiKaF-Projek-

³⁾ Diese Arbeit wurde teilweise innerhalb des NAVIO Projektes durchgeführt.

tes, da er als Hauptteil des „Knowledge Engineering“ gesehen werden muss. Das dadurch akquirierte Wissen fließt direkt in die beiden nachfolgenden Entwicklungsschritte ein.

Das Design des wissensbasierten Systems und des KALMAN-Filters soll zeitgleich und zunächst weitgehend unabhängig von einander erfolgen. Die parallele Entwicklung von wissensbasiertem System und KALMAN-Filter mündet dann in zwei in ihrer Funktionalität autonome Systemkomponenten. Dies erlaubt eine spätere Untersuchung des modularen Gesamtsystems auch ohne den Einsatz der wissensbasierten Komponente und ermöglicht somit eine Einschätzung des tatsächlichen Vorteils eines wissensbasierten KALMAN-Filters. Wie aus Abbildung 8 ersichtlich ist, kann während der Designphase durchaus eine Rückkoppelung mit der Sensoruntersuchung notwendig sein

Nach Abschluss dieser Entwicklungsschritte kann mit der prototypischen Realisierung begonnen werden. Wie bereits in Abschnitt 2.2 erwähnt wurde, erfolgt die Implementierung der wissensbasierten Systemkomponente mit Hilfe von Clips bzw. WxClips. Die KALMAN-Filterung wird in Matlab realisiert. Der Datenaustausch (Schnittstellen) erfolgt durch fest definierte ASCII Files.

Nähere Details über die Sensoruntersuchung und die prototypische Realisierung wird im Laufe des Jahres Gegenstand einer separaten Publikation sein.

4. Schlussbemerkungen und Ausblick

Das im Rahmen dieses Beitrags vorgestellte Konzept zur wissensbasierten KALMAN-Filterung stellt eine Erweiterung der Multisensorintegration in der Hinsicht dar, dass die datenbasierte Systemanalyse und -modellierung durch eine wissensbasierte Komponente ergänzt und somit bisher nicht unmittelbar quantifizierbare (z.T. qualitative) Informationen durch die Formulierung und Anwendung von Regeln implementiert werden können. Hierdurch wird eine Unterstützung des Filters beim Auffinden und der Elimination von grob fehlerhaften Sensordaten und bei der Anwendung der stochastischen Modelle von Mess- und Störgrößen angestrebt.

Die im nächsten Projektabschnitt folgende Untersuchung der Einzelsensoren des DRM III wird u.a. anhand von Referenztrajektorien innerhalb der in Kapitel 3.1 vorgestellten Testgebiete erfolgen. Neben der reinen Zeitreihenanalyse der Residuen der Sensordaten ist die Bewertung des

Einflusses der Topographie und die Detektierung von potenziellen Störquellen eine wichtige Aufgabenstellung dieses Abschnitts und bildet die Grundlage für das Design der wissensbasierten Komponente. Zur Sensoruntersuchung gehört auch die Ermittlung von Kalibrierungsparametern (z.B. Schrittlänge bei verschiedenen Geschwindigkeiten des Fußgängers) zur Verknüpfung der Sensorsignale mit geometrisch relevanten Größen.

Aus dem aufgezeichneten Bewegungsverhalten des Fußgängers sollen weiters möglichst realitätsnahe Bewegungsmodelle für die Systemgleichungen des KALMAN-Filters generiert und geeignete Abstraten festgelegt werden.

Dank

Die in dieser Arbeit präsentierte Forschung wird zum Teil vom FWF Projekt NAVIO des Fonds zur Förderung wissenschaftlicher Forschung, Österreich, Projektnr. P16277-N04, unterstützt.

Die Autoren möchten sich bei Herrn Ass.-Prof. Dr.-Ing. G. Retscher vom Insitut für Geodäsie und Geophysik der TU-Wien für die Idee eines wissensbasierten Multisensorsystems bedanken.

Literatur

- [1] Aussems, T.: Positionsschätzung von Landfahrzeugen mittels Kalman-Filterung aus Satelliten- und Koppelnavigationsbeobachtungen. Veröffentlichungen des Geodätischen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Nr. 55, Aachen, 1999.
- [2] CLIPS-Webseite: <http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>, letzter Zugriff: 03.2004.
- [3] Eichhorn, A.: Ein Beitrag zur Identifikation von dynamischen Strukturmodellen mit Methoden der adaptiven Kalman-Filterung. Dissertation, Universität Stuttgart, IAGB, im Druck, 2005.
- [4] EYELED-Webseite: <http://www.eyeled.de>, letzter Zugriff: 11.2004.
- [5] Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktlose Chipkarten. 2. Aufl., München, 2000.
- [6] Gartner, G./ Frank, A. / Retscher, G.: Pedestrian Navigation System in Mixed Indoor/Outdoor Environment – The NAVIO Project, in: Schrenk M. (Hrsg.): Proceedings of the CORP 2004 and Geomultimedia04 Symposium, February 24-27, 2004, Vienna, Austria, 165-171.
- [7] Gelb, A. / Kasper, J.F./ Nash, R.A./ Price, C.F./ Sutherland, A.A.: Applied Optimal Estimation. The M.I.T. Press, Cambridge London, 1974.
- [8] Gottlob, G./ Frürwirth, T./ Horn, W.: Expertensysteme. 1. Aufl., Springer Verlag, Wien/New York, 1990.
- [9] Heunecke, O.: Zur Identifikation und Verifikation von Deformationsprozessen mittels adaptiver KALMAN-Filterung (Hannoversches Filter). Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover, Nr. 208, Hannover, 1995.

- [10] Huep, W.: Zur Positionsschätzung im gestörten KALMAN-Filter am Beispiel eines manövrierenden Wasserfahrzeuges. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover, Nr. 143, Hannover, 1986.
- [11] Macheiner, K.: Performance Analysis of a Commercial Multi-Sensor Pedestrian Navigation System. Diplomarbeit, Graz, 2004.
- [12] PointResearch: DRM-III Dead Reckoning Module – Engineering Development Tools, Point Research Corporation, USA, www.pointresearch.com/drm_eval.htm, letzter Zugriff: 07.2004.
- [13] Retscher, G.: Persönliche Kommunikation. Institut für Geodäsie und Geophysik an der TU Wien, 2004
- [14] Retscher, G. / Thienelt, M.: NAVIO - A Navigation and Guidance Service for Pedestrians. Angenommen für die Veröffentlichung in: Journal of Global Positioning Systems, 2004
- [15] Schrick, K. W.: Anwendungen der Kalman-Filter-Technik. Oldenbourg Verlag, München, 1977.
- [16] Stefik, M.: Introduction to Knowledge Systems. 2. Aufl., Morgan Kaufmann Verlag, San Francisco, 1998.
- [17] Weis, S.A. / Sarma, S.E. / Rivest, R.L. / Engels, D.W.: Security and Privacy Aspects of Low-Cost Radio Frequency Identification Systems. In: Security in Pervasive Computing - Lecture Notes in Computer Science, Band 2802, 2004, 201–212.
- [18] Uhlirz, S. / Lechthaler, M.: LoL@ - City Guide. Prototyp einer kartenbasierten UMTS-Applikation. In: Geowissenschaftliche Mitteilungen, Schriftenreihe der Studienrichtung Vermessungswesen und Geoinformation TU Wien, Heft Nr. 58, 2002, 171-182.
- [19] Wang, J. G.: Filtermethoden zur fehlertoleranten kinematischen Positionsbestimmung. Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr, Heft 52, Neubiberg, 1997.
- [20] WxClips-Webseite: www.anthemion.co.uk/wxclips, letzter Zugriff: 03.2004.

Anschrift der Autoren

Michael Thienelt, Andreas Eichhorn, Alexander Reiterer: Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, Institut für Geodäsie und Geophysik, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27-29, 1040 Wien. 