

ZUSAMMENFASSUNG

ZUM VORTRAG „SENSORIK UND TRACKING IM UMFELD DES UBIQUITOUS COMPUTING“

Michael Zornow

Matrikel: 201671

Universität Rostock
Institut für Informatik

Vortragsseminar: Ubiquitous Computing



Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	3
2. BEGRIFFSBILDUNG UND KLASSIFIKATION	4
3. POSITIONSBESTIMMUNG & -VERFOLGUNG	7
3.1 Global Positioning System (GPS)	9
3.2 Statistischer Ansatz zur Positionsbestimmung	10
4. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT	12
5. QUELLEN	14

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Die Äras der Computernutzung; aus[Kir05]	4
Abbildung 3-1: Das Prinzip der Triangulation.....	7
Abbildung 3-2: Das Prinzip der Trilateration	8
Abbildung 3-3: Das Prinzip der GPS - Postitionsbestimmung	9
Abbildung 3-4: 1-dimensionales Beispiel für Bayessche Filter [Fox03]	11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Vergleich geometrischer Ansätze zur Positionsbestimmung.....	12
Tabelle 4-2: Vergleich zweier statistischer Ansätze hinsichtlich ihrer wesentlichen Eigenschaften	13

1. Einleitung

Alle Lebewesen nehmen ihre Umwelt mit Hilfe von so genannten Sinnesorganen wahr. Man spricht auch bei Lebewesen von Sensorik, wenn man die Organe der Sinneswahrnehmung meint. Sie versetzen ein Lebewesen in die Lage, mit seiner Umwelt zu interagieren. Der Mensch beispielsweise hat Ohren, Augen, Nase usw. um damit seine Umgebung zu erkennen und entsprechend auf sie zu reagieren.

Dieses Konzept der Wahrnehmung findet auch in der Technik Anwendung - durch elektronische Bauteile die die Umwelt qualitativ oder quantitativ erfassen können (Sensoren).

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, in welcher Weise elektronische Sensoren eingesetzt werden können, um die Position eines Objektes innerhalb einer Umgebung zu bestimmen. Es soll überprüft werden, in wie weit es erforderlich ist Positionsbestimmungsverfahren im Umfeld des Ubiquitous Computing einzusetzen, um dem Menschen durch intelligente Rechnerassistenz in seinem alltäglichen Umfeld zu unterstützen.

Dazu ist diese Arbeit folgendermaßen gegliedert:

Kapitel 2 führt in, für diese Arbeit notwendigen, Begriffe ein. Desweiteren werden die Positionssensoren in das Umfeld der allgemeinen elektronischen Sensorik eingeordnet.

Kapitel 3 stellt geometrische sowie statistische Ansätze der Positionsbestimmung vor. Das GPS, als wichtigstes geometriebasiertes Verfahren, wird ebenso vorgestellt, wie die Idee des statistischen Ansatzes der Bayesschen Filter.

Kapitel 4 faßt die wichtigsten Erkenntnisse dieser Arbeit zusammen und zieht ein Fazit in dem es die verschiedenen Ansätze zur Positionsbestimmung gegenüberstellt.

2. Begriffsbildung und Klassifikation

Um im 3. Kapitel die wichtigsten Methoden und Ansätze zur Bestimmung und zur Verfolgung (Tracking) von Positionen vorzustellen, sollen nun zunächst einige wichtige Begriffe, die für das Verständnis dieser Arbeit fundamental sind, eingeführt werden.

Der Begriff des „Ubiquitous Computing“ wurde erstmals 1988 von Mark Weiser eingeführt und definiert. Er beschreibt eine neue Ära der Computernutzung jenseits des Desktop. Die Computer sind dabei allgegenwärtig in die Umwelt integriert und können implizit für jedermann genutzt werden. (vgl. Abb. 2-1)

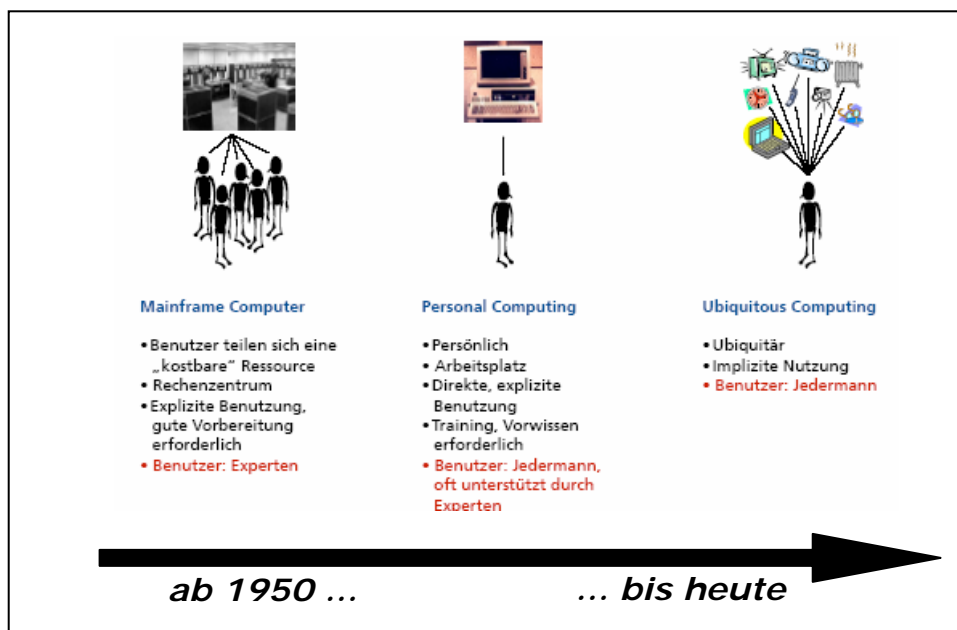


Abbildung 2-1: Die Äras der Computernutzung; aus[Kir05]

Das „Ubiquitous Computing“ wird dabei vor allem durch vier grundlegende Eigenschaften definiert:

- Einbettung
- Vernetzung
- Kohärenz
- Kontext

Einbettung bedeutet hier, dass die Geräte vollständig in die Umwelt integriert sind, ohne dass der Nutzer dies steuern oder gar bemerken muss. Die Vernetzung einzelner Geräte sollte stets adHoc funktionieren. Der Nutzer soll nicht erst eine aufwendige Konfiguration zur Vernetzung der Geräte vornehmen müssen. Die Geräte sollten kohärent sein, das heißt sie sollten in der Lage sein, spontan für die Erreichung eines Ziels zusammenzuarbeiten. Zur Definition von Kontext in diesem Zusammenhang ist folgende Beschreibung sinnvoll:

“Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and application themselves.” [Dey00]

Die Berücksichtigung von Kontextinformationen sagt also aus, dass ein System in der Lage sein soll zur „richtigen“ Zeit am „richtigen“ Ort eine auf den Nutzer angepaßte Funktionalität zur Verfügung zu stellen. Um die dafür nötigen Kontextinformationen zu gewinnen, werden im Umfeld des „Ubiquitous Computing“ Sensoren benötigt.

Sensoren sind in der technischen Welt weit verbreitet und werden zur Bestimmung verschiedenster Messgrößen benutzt. Aus Sicht des „Ubiquitous Computing“ ist zum Beispiel folgende Klassifikation sinnvoll (nach [Bau04]) :

- Optische Sensoren
- Audio Sensoren
- Bio – Sensoren
- Bewegungssensoren
- Positionssensoren

Optische Sensoren liefern Kontextinformationen über die Intensität des Lichts, die Dichte, die Reflektion und die Farbtemperatur (Wellenlänge) und den Typ des Lichts (Sonnenlicht, künstliches Licht). Eine Kamera kann man als Feld von optischen Sensoren auffassen.

Es gibt viele Methoden zur Analyse von Audiokontextinformationen, wobei sich diese im Rechenaufwand unterscheiden. Mit wenig Aufwand (einfache Mikrofone und etwas Elektronik) kann die Lautstärke, Art der Hintergrundgeräusche und die Basisfrequenz bestimmt werden. Mit fortgeschritteneren Audiotechniken kann der Sprecher identifiziert werden und höher entwickelter Kontext gewonnen werden. Ein interessanter Aspekt sind die Ultraschallsensoren, um die menschliche Sensorik zu erweitern.

Biosensoren sind normalerweise personenbezogene Geräte. Das Bewusstsein über den Benutzer kann durch Biosensoren errfaßt werden, indem man Puls, Blutdruck oder Hautwiderstand misst. Dies kann vor allem in Anwendungen im Sport- bzw. Medizinbereich von Nutzen sein. Mit höherem Aufwand kann man Kontextinformationen über den emotionalen Status einer Person bekommen.

Bewegungssensoren werden beim „Ubiquitous Computing“ benutzt während man unterwegs ist. Dabei können Sensoren die Neigung, Bewegung oder Beschleunigung des Gerätes feststellen. Typische Sensoren sind Winkelsensoren und Accelerometer. Vom Accelerometer (Beschleunigungsmesser) kann zum Beispiel folgender Kontext gewonnen werden: das Gerät liegt auf dem Tisch oder man fährt in einem Auto.

Die Positionssensoren und die Bestimmung von Nähe von Benutzer, Gerät und Umwelt stellen den zentralen Kontext im „Ubiquitous Computing“ dar. Es existieren hier eine Reihe von verschiedenen Ansätzen, welche im weiteren Verlauf dieser Arbeit näher vorgestellt werden sollen. Das nächste Kapitel beschreibt einige dieser Ansätze.

3. Positionsbestimmung & -verfolgung

Zur Positionsbestimmung können eine Reihe unterschiedlicher Sensoren bzw. Sensorkombinationen eingesetzt werden. Ihnen gemeinsam ist, dass sie einem der folgenden Verfahren dienen, um daraus eine Positionsangabe abzuleiten:

- Triangulation
- Trilateration
- Nachbarschaftsbeziehungen
- Szenenanalyse

Die Triangulation versucht mit Hilfe von gemessenen Winkeln einen Ort zu bestimmen. Für ein 2-dimensionales Modell befindet sich der gesuchte Punkt also im Schnittpunkt zweier Linien, deren Richtung bekannt ist. (siehe Abb. 3-1)

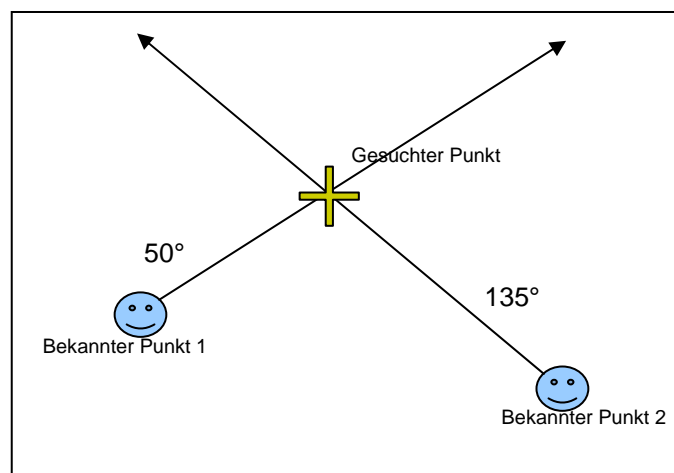


Abbildung 3-1: Das Prinzip der Triangulation

An Abbildung 3-1 kann man sich vor Augen führen, dass man möglichst genaue Koordinaten für den gesuchten Punkt erhält, wenn man den Winkel zwischen den Standlinien nahe 90° wählt.

Die Trilateration versucht mit Hilfe von gemessenen Entfernungen einen Ort zu bestimmen. Für ein 2-dimensionales Modell ist es erforderlich die Abstände von mindestens 3 Punkten, deren Koordinaten bekannt sind, zu einem gesuchten Punkt zu bestimmen. (siehe Abb. 3-2)

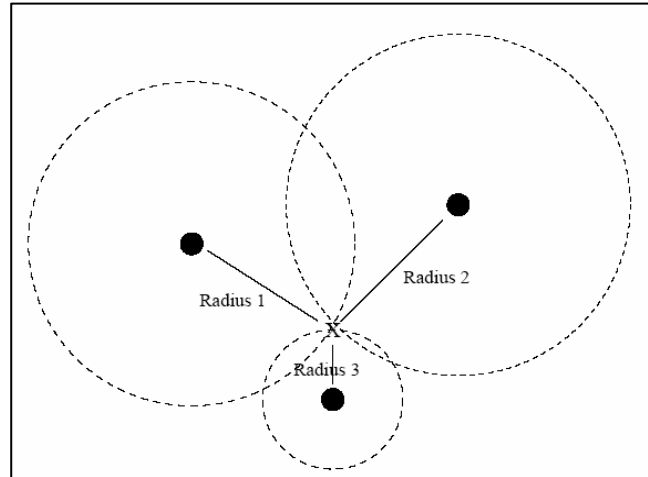


Abbildung 3-2: Das Prinzip der Trilateration

Um die Entfernung von einem gesuchten zu einem bekannten Punkt zu bestimmen, werden vor allem zwei Größen benutzt:

1. Die Feldstärke (oder abgeleitete Größen) unter der Bedingung, dass die Dämpfung im Medium (meist Luft) und die Trägerfrequenz bekannt sind.
2. Die Signallaufzeit unter der Bedingung, dass die Lichtgeschwindigkeit im Medium (meist Luft) bekannt ist. Diese Methode erfordert sehr genaue Uhren beim Sender und Empfänger.

Die Nachbarschaftsbeziehungen nutzen die Nähe zu bekannten Orten, um eine Position anzugeben.

Die Szenenanalyse bestimmt einen gesuchten Blickpunkt, indem es ausgewertet was gesehen wird. Ein Anwendungsbeispiel wäre hier die bekannte Skyline einer Stadt zur Bestimmung der Position zu nutzen.

Nachdem die wichtigsten grundlegenden Verfahren zur Positionsbestimmung vorgestellt wurden, soll nun das Global Positioning System (GPS) als bekanntestes und am weitesten verbreitetes Verfahren vorgestellt werden.

3.1 Global Positioning System (GPS)

Das GPS ist ein satellitengestütztes System zur (fast) weltweiten Positionsbestimmung. Es nutzt den Ansatz der Trilateration unter Messung der Signallaufzeiten. Stark vereinfacht funktioniert die Positionsbestimmung dabei folgendermaßen:

Jeder Satellit sendet eine Nachricht der Art: "Ich bin Satellit Nr. X, meine Position ist gerade Y und diese Nachricht wurde zum Zeitpunkt Z versandt". Diese Daten werden von Bodenstationen aufgefangen und korrigiert. Dann werden fortlaufend Zeit- und Positionsinformationen (Korrekturdaten) von der Bodenkontrolle zum Satelliten zurückgesendet. Die Positionskorrektur basiert auf Computerberechnung der Bahndaten (Trajectory Model). Die Zeitkorrektur basiert auf Messung und Differenzbildung zur Universal Coordinated Time (UTC). (vgl. Abb. 3-3)

Zusätzlich sendet der Satellit noch Informationen über seine Umlaufbahn (und die der anderen Satelliten). Diese Bahndaten (Ephemeriden- und Almanachdaten) zusammen mit den Angaben über die korrigierten Positionsdaten werden vom GPS-Empfänger empfangen, gespeichert und für spätere Rechnungen verwendet. Um die Position zu bestimmen, vergleicht der GPS-Empfänger die Zeit, zu der das Signal ausgesandt wurde mit der Zeit, zu der das Signal empfangen wurde. Aus dieser Zeitdifferenz kann die Entfernung des Satelliten berechnet werden. Werden nun von weiteren Satelliten Messungen hinzugefügt, so kann die aktuelle Position durch Trilateration bestimmt werden. Mit wenigstens drei Satelliten kann der GPS Empfänger seine Position auf der Erdoberfläche ermitteln.

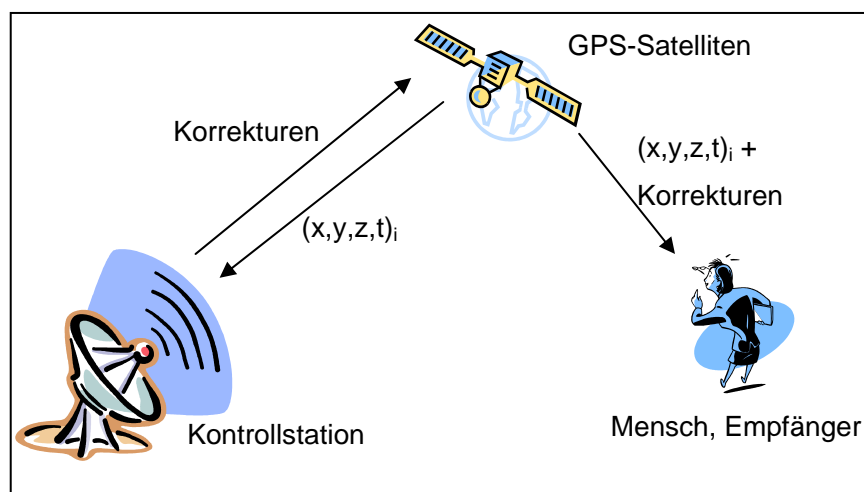


Abbildung 3-3: Das Prinzip der GPS - Positionsbestimmung

Das GPS – System ist vor allem durch seine nahezu weltweite Verfügbarkeit für den Einsatz im Umfeld des „Ubiquitous Computing“ geeignet. Der Aufwand an benötigter Hardware ist jedoch relativ hoch. Hinzu kommt, dass viele Anwendungen des „Ubiquitous Computing“ für

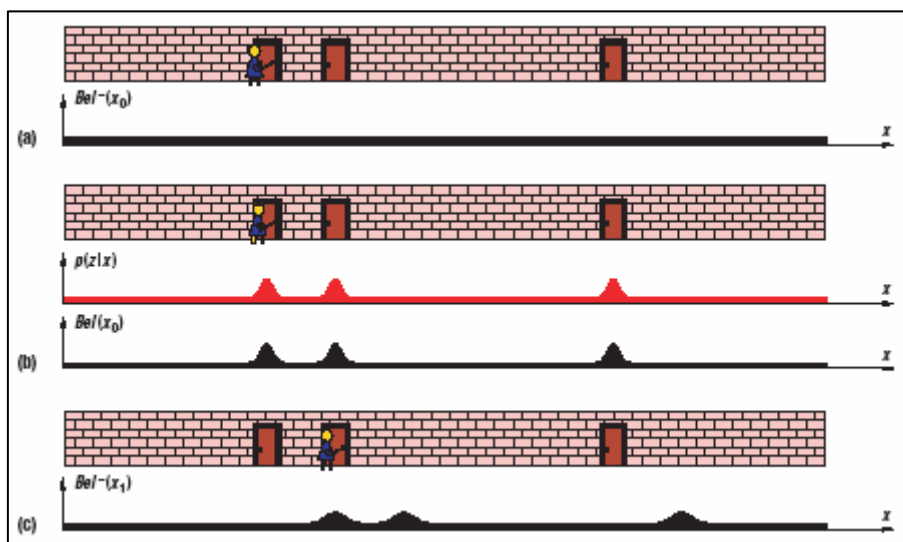
die Nutzung in Gebäuden konzipiert sind. Hier ist der Empfang von mindestens 3 GPS - Satelliten nicht immer gewährleistet bzw. die Ungenauigkeit nimmt exponentiell zu. Es gibt verschiedene GPS – Ansätze diesem Problem entgegenzusteuern. Mit Assisted GPS oder Indoor GPS sollen hier nur zwei geeignete Verfahren genannt werden. An dieser Stelle werden diese jedoch nicht näher erläutert. Stattdessen soll im folgenden Abschnitt ein Ansatz verfolgt werden, der versucht auf mathematischer Basis die wahrscheinlichste Position eines Objektes oder einer Person zu bestimmen.

3.2 Statistischer Ansatz zur Positionsbestimmung

Es sei angenommen man beobachtet ein dynamisches System mit Hilfe verschiedener Sensoren. Zusätzlich hat man eine Vorstellung davon, wie sich das System entwickeln kann. Statistische Ansätze versuchen auf Grundlage dieser Voraussetzungen die Frage zu beantworten, wie der Zustand des Systems ist, nachdem nur eine Reihe von eventuell verrauschten Sensordaten vorliegen. Im Falle des „Ubiquitous Computing“ versuchen sie also die Frage zu beantworten wo sich der Nutzer am wahrscheinlichsten befindet.

Statistische Ansätze dazu sind zum Beispiel die „Bayesschen Filter“ die auf Verwendung des „Bayesschen Theorems“ beruhen. Auch Verbesserungen und verschiedene Erweiterungen sind inzwischen erarbeitet worden. So zum Beispiel die Kalman-Bucy-Filter, Gitter-basierte Ansätze, nicht-lineare Systeme wie der erweiterte Kalman-Filter oder die sequentiellen Monte Carlo Methoden. All diese Verfahren sollen an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden, da eine umfassende mathematische Betrachtung nötig wäre. Dies würde im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen. Für den geneigten Leser sei zum Beispiel auf [Kai05] verwiesen.

Stattdessen soll nun ein einfaches Beispiel (aus [Fox03]) zum Grundverständnis statistischer Ansätze beitragen:



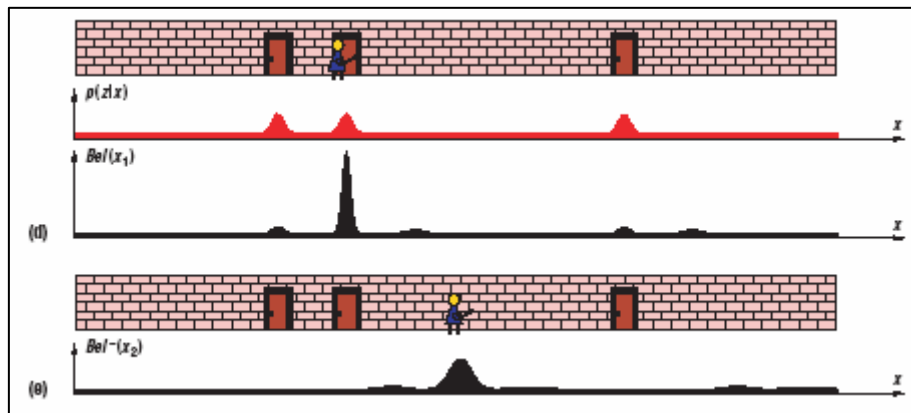


Abbildung 3-4: 1-dimensionales Beispiel für Bayessche Filter [Fox03]

Eine Person geht einen Gang entlang. Sie trägt eine türerkennende Kamera mit sich. Diese kann nicht zwischen verschiedenen Türen unterscheiden und signalisiert, sobald sie meint eine Tür erkannt zu haben. Die Bilder a bis e aus Abbildung 3-4 zeigen jeweils die Position der Person im Gang sowie die zugehörige Annahmefunktion $Bel(x_t)$, welche eine Aussage über die bestimmte, wahrscheinlichste Position der Person macht.

Im Bild (a) ist die Position der Person unbekannt - die Annahmefunktion ist gleichverteilt. Im Bild (b) erkennt die Kamera (mit gewisser Wahrscheinlichkeit) eine Tür (rotes Diagramm) - die resultierende Annahmefunktion ist in der Umgebung der Türen sehr hoch, in der übrigen Szene sehr niedrig. Das Bild (c) zeigt, dass sich die Person weiterbewegt hat und welchen Einfluss dies auf die Annahmefunktion hat. An der zweiten Tür angekommen, Bild (d), sendet die Kamera ein „Tür erkannt – Signal“ Die Annahmefunktion wird entsprechend aktualisiert. Das Bild (e) zeigt, wie sich die Person weiterbewegt und die Annahmefunktion mit Hilfe eines Modells dementsprechend aktualisiert wird.

Das Prinzip ist also, dass eine ständige, neue Schätzung der Position im Zustandsraum vorgenommen wird mit Hilfe der Annahmefunktion $Bel(x_t)$. Diese wird unter Einbeziehung der gesammelten Sensordaten ständig aktualisiert.

4. Zusammenfassung und Fazit

Diese Arbeit beschreibt die Verwendung von Kontextinformationen als ein Merkmal des „Ubiquitous Computing“. Um Kontextinformationen zu erhalten werden Sensoren benötigt. Diese wurde im Zuge dieser Arbeit klassifiziert. Sensoren/Sensorsysteme zur Positionsbestimmung sind dabei im „Ubiquitous Computing“ von zentraler Bedeutung. Vorgestellt wurde das GPS als bekanntestes Sensorsystem zur Positionsbestimmung. Statistische Ansätze wurden ebenfalls genannt, um eine Positionsbestimmung durchzuführen beziehungsweise ihre Genauigkeit zu verbessern.

Tabelle 4-1 zeigt verschiedene Verfahren zur geometriebasierten Bestimmung einer Position. Es ist erkennbar, dass je nach gewünschtem Ziel der Aufwand und die Kosten sehr unterschiedlich sein können. Erwähnenswert ist jedoch, dass selbst das Assisted-GPS keine Genauigkeit von weit unter 5m garantieren kann. Für die Anwendung in Gebäuden, indem eine Genauigkeit von mindestens etwa 1m erforderlich wird, also ein kaum brauchbarer Wert. Für viele Szenarien des „Ubiquitous Computing“ ist eine genauere Postionsbestimmung erforderlich, um etwa die Nähe einer Person zum nächsten Drucker, den er benutzen kann, festzustellen.

Hier existieren eine Reihe genauerer geometrischer- (Ultraschallsensoren etc.), aber auch, in Abschnitt 3-2 kurz vorgestellter, statistischer Ansätze.

Tabelle 4-1: Vergleich geometrischer Ansätze zur Positionsbestimmung

	RFID	GSM	WLAN	A-GPS
Genauigkeit	0,5 m	50 m	2 m	5 m
Ständiges Tracking	Nein	Ja	Ja	Ja
Ressourcenanforderung	Niedrig	Niedrig	Niedrig	Hoch
Kalibrierung	Unnötig	Unnötig	Nötig	Unnötig
Kosten	Niedrig	Niedrig	Niedrig	Hoch
Verfügbarkeit	Lesegerät	Überall	WLAN	global

Dabei können sich auch die statistischen Ansätze im Hinblick auf ihre wesentlichen Eigenschaften signifikant von einander unterscheiden. (vgl. Tabelle 4-2)

Tabelle 4-2: Vergleich zweier statistischer Ansätze hinsichtlich ihrer wesentlichen Eigenschaften

	Kalman-Filter	Partikelfilter
Genauigkeit	Gut	Gut
Robustheit	Befriedigend	Gut
Sensorvielfalt	Schlecht	Gut
Implementierung	Befriedigend	Gut
Effizienz	Gut	befriedigend

Fazitierend ist festzuhalten, dass es essentiell wichtig ist, sich genau über die geforderte Genauigkeit und Verfügbarkeit der Positionsbestimmung klar zu werden. Oft sind geometrische Ansätze ein sehr geeignetes Mittel, um die Position für das „Ubiquitous Computing“ hinreichend genau zu bestimmen. Effizient positionierte WLAN-Barken sind z.B. eine gute Möglichkeit, um in einer Messehalle die Position eines Nutzers zu bestimmen. In einigen Anwendungen ist es sinnvoll verschiedene Positionsbestimmungsverfahren zu kombinieren. Zunächst steigen die Kosten, um etwa eine Position mit GPS zu bestimmen, und die Genauigkeit mit statistischen Ansätzen dann weiter zu verbessern. Aber die Effizienz, als Verhältnis aus Kosten (Hardware, Implementierungsaufwand etc.) und Nutzen (Genauigkeit, Robustheit etc.), kann dabei trotzdem zunehmen.

5. Quellen

- [Kir05] Kirste, T.: *„Interaktive Mobile Systeme und Ubiquitous Computing“*; Vorlesung; Universität Rostock; SS 2005
- [Bau04] Baumgartner, A.: *„Grundlagen von Sensoren“*; Universität Linz; Januar 2004
- [Fox03] Fox D. et al: *„Bayesian Filters for Location Estimation“*; University of Washington; September 2003
- [Kai05] Kaipio J., Somersalo E: *„Statistical and computational inverse problems“*; Springer; 2005