

Sensorik & Tracking

im Umfeld des Ubiquitous Computing



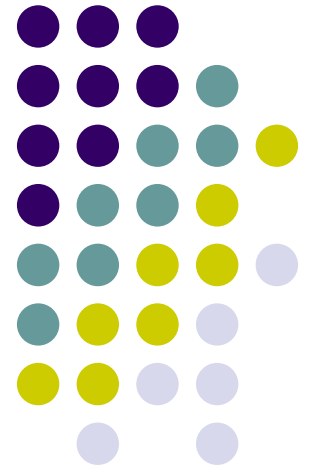
Michael Zornow

Universität Rostock

Institut für Informatik

Computergraphik und Kommunikation

Rostock 21.12.2005





Gliederung des Vortrags

1. *Einleitung*

- Motivation des Themas
- Definition und Begriffsbildung

2. *Sensoren*

- Klassifikation & Bewertung von Sensoren

3. *Positionsbestimmung & -verfolgung (Tracking)*

- Global Positioning System (GPS)
- Positionsbestimmung im WLAN
- Bayessche Filter, Kalman-Filter
- Seqentielle-Monte-Carlo-Methoden (Partikelfilter)

4. *Zusammenfassung und Fazit*

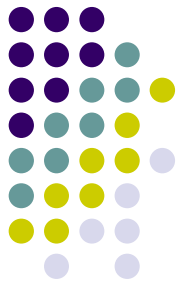


1. Einleitung - Motivation

- Ubiquitous Computing:
 - Neue Ära des Computing – jenseits des Desktop
 - Allgegenwertige Unterstützung des Menschen
 - 4 Merkmale:
 - Einbettung
 - Vernetzung
 - Kohärenz
 - **Kontext**



- **Was ist Kontext und wozu wird es benötigt?**



1. Einleitung - Definitionen

- Kontext:

“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]

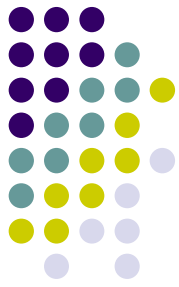
- Kontext-Sensitiv:

“A system is context-aware if it uses context to provide relevant information and/or services to the user, where relevancy depends on the user's task.” [Dey00]



1. Einleitung – Nutzen von Kontextinformationen

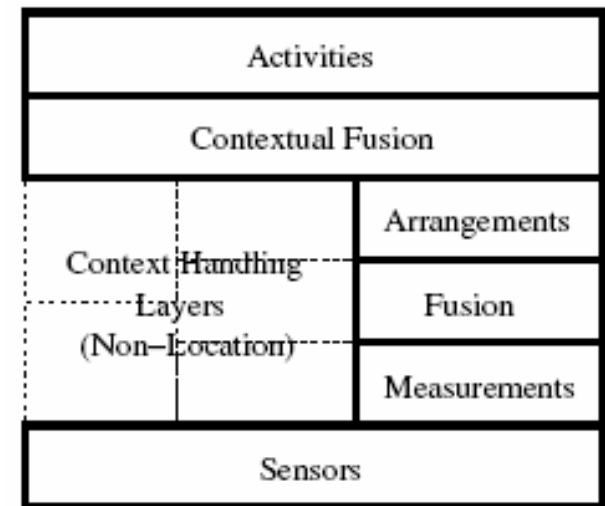
- Um dem Menschen „besser“ zu dienen:
 - Bereitstellung einer angepaßten Funktionalität: zur richtigen Zeit am richtigen Ort
 - Kontext-Sensitiv weil:
 - Bandbreitenbeschränkungen von Netzen
 - Aufnahmekapazität des Nutzers ist beschränkt
 - Benutzerfreundlicher durch Anpassung an Vorgeschichte
 - Möglichkeit des Ziehens von Schlussfolgerungen
- ➔ **Zur Gewinnung von Kontextinformationen werden Sensoren/Sensorsysteme benötigt!**



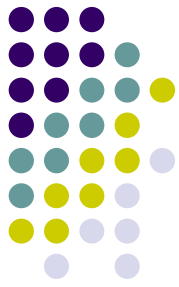
2. Sensoren – Definition

- Sensor:

Ein Sensor (lateinisch sensus: "Gefühl") oder (Mess-)Fühler ist in der Technik ein Bauteil, das neben bestimmten physikalischen oder chemischen Eigenschaften (z.B.: Temperatur, Feuchtigkeit, Druck) auch die stoffliche Beschaffenheit seiner Umgebung qualitativ oder als Messgröße quantitativ erfassen kann.



aus [High04]

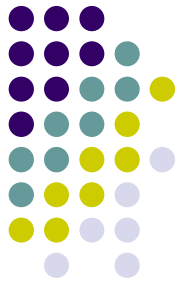


2. Sensoren - Klassifikation

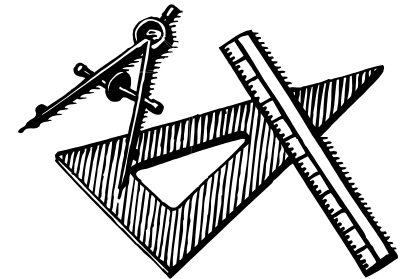
- Einteilung nach verschiedensten Klassifikationen möglich z.B.:
 - nach Messprinzip
 - Aus UbiqComp-Sicht:
 - Optisch
 - Audio
 - Bio-Senoren
 - Bewegung
 - ***Position – zentraler Kontext des UbiqComp***



3. Positionsbestimmung - Grundlagen

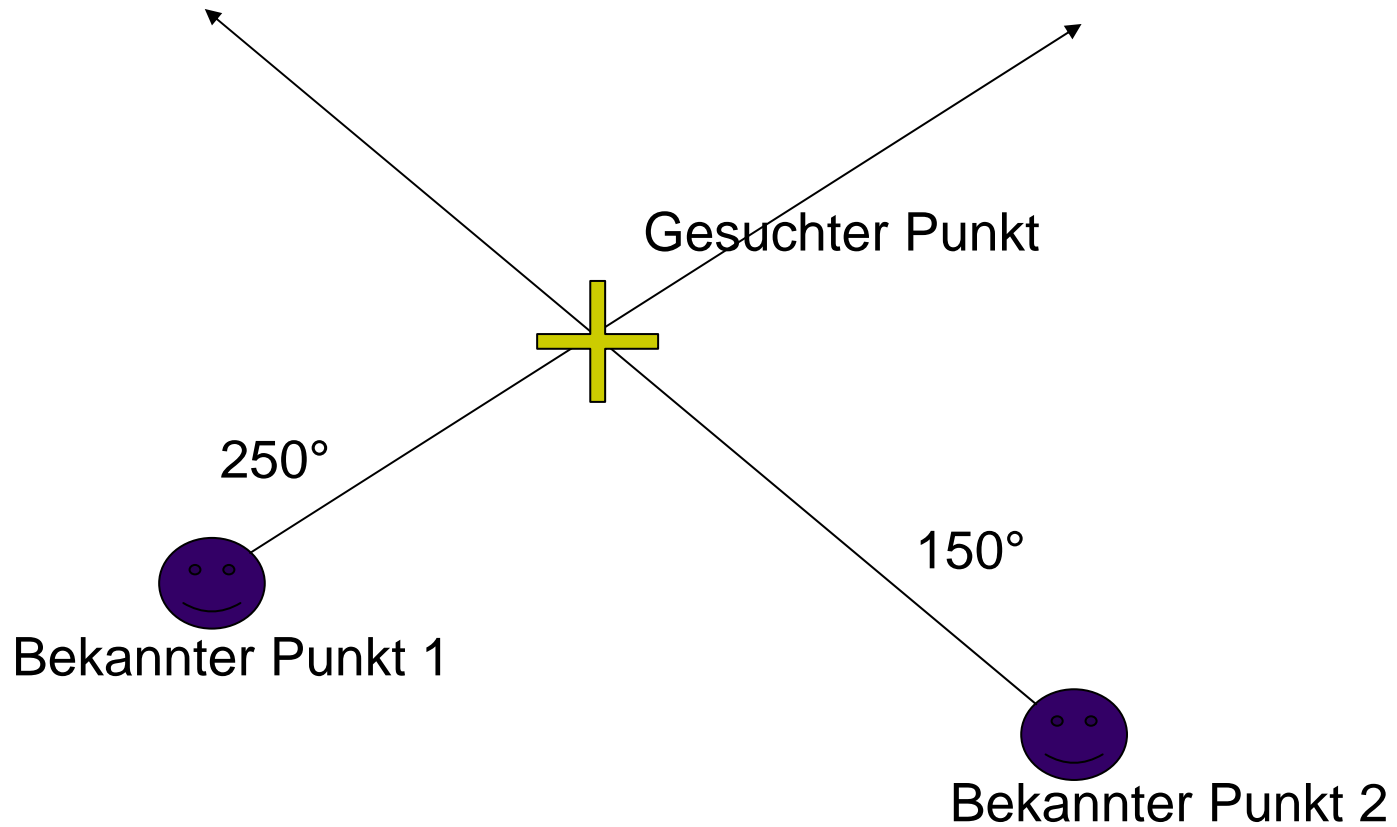
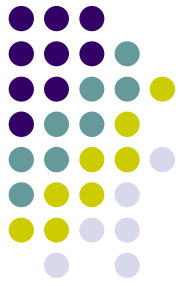


- Grundlegende Techniken zur Ortsbestimmung
 - Triangulation
 - Anhand des Winkels einen Ort bestimmen
 - Trilateration
 - Anhand der Entfernung einen Ort bestimmen
 - Nachbarschaftsbeziehungen
 - Nähe zu bekannten Punkten
 - Szenenanalyse
 - Spezielle Blickwinkel nutzen um Position zu bestimmen

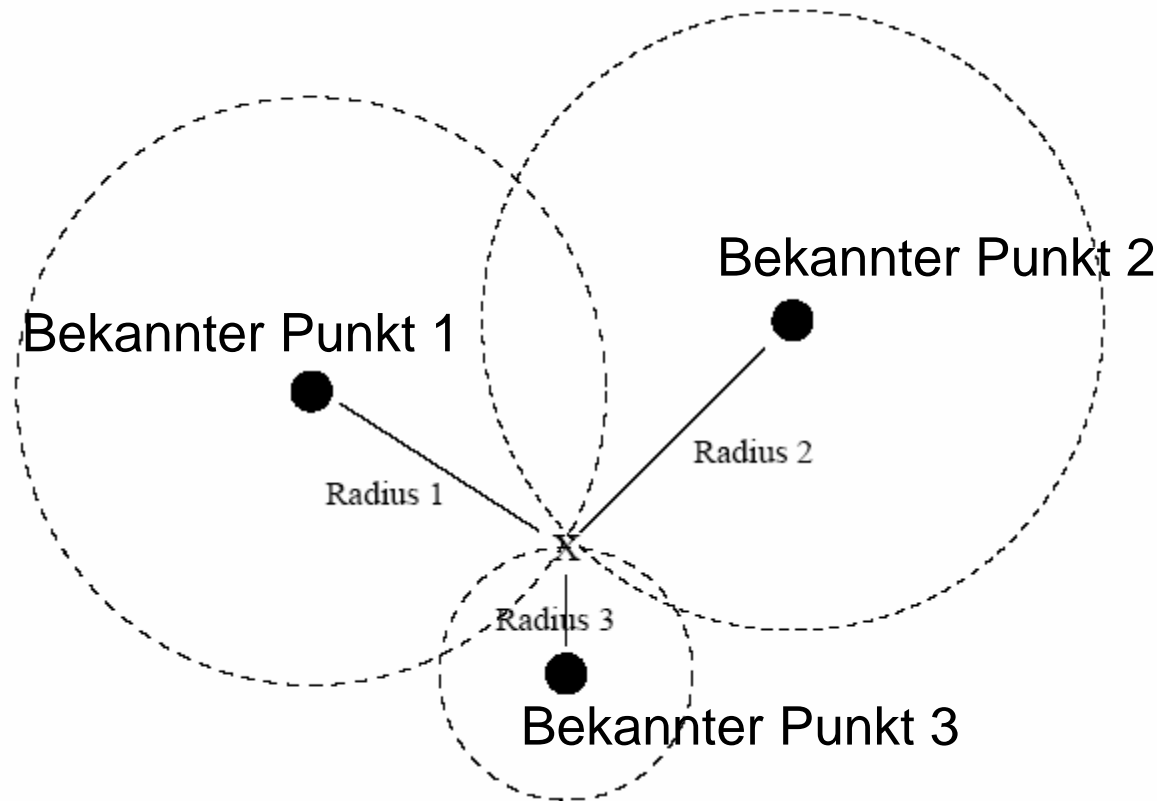
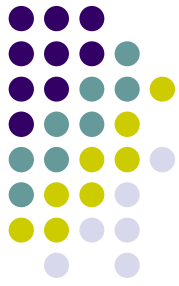


nach [High01]

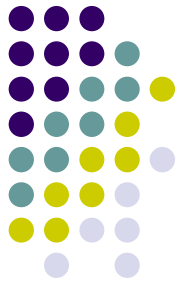
3. Positionsbestimmung - Triangulation



3. Positionsbestimmung – Trilateration

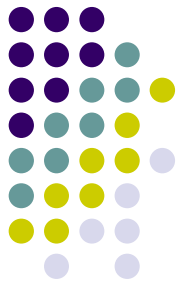


3. Positionsbestimmung – Trilateration



- Trilateration mit physikalischen Messgrößen
 - Mit Feldstärke oder abgeleiteten Größen
 - Dämpfung von Luft und Trägerfrequenz bekannt
 - Signallaufzeiten
 - Lichtgeschwindigkeit bekannt
 - Benötigt genaue Uhren im Sender und Empfänger



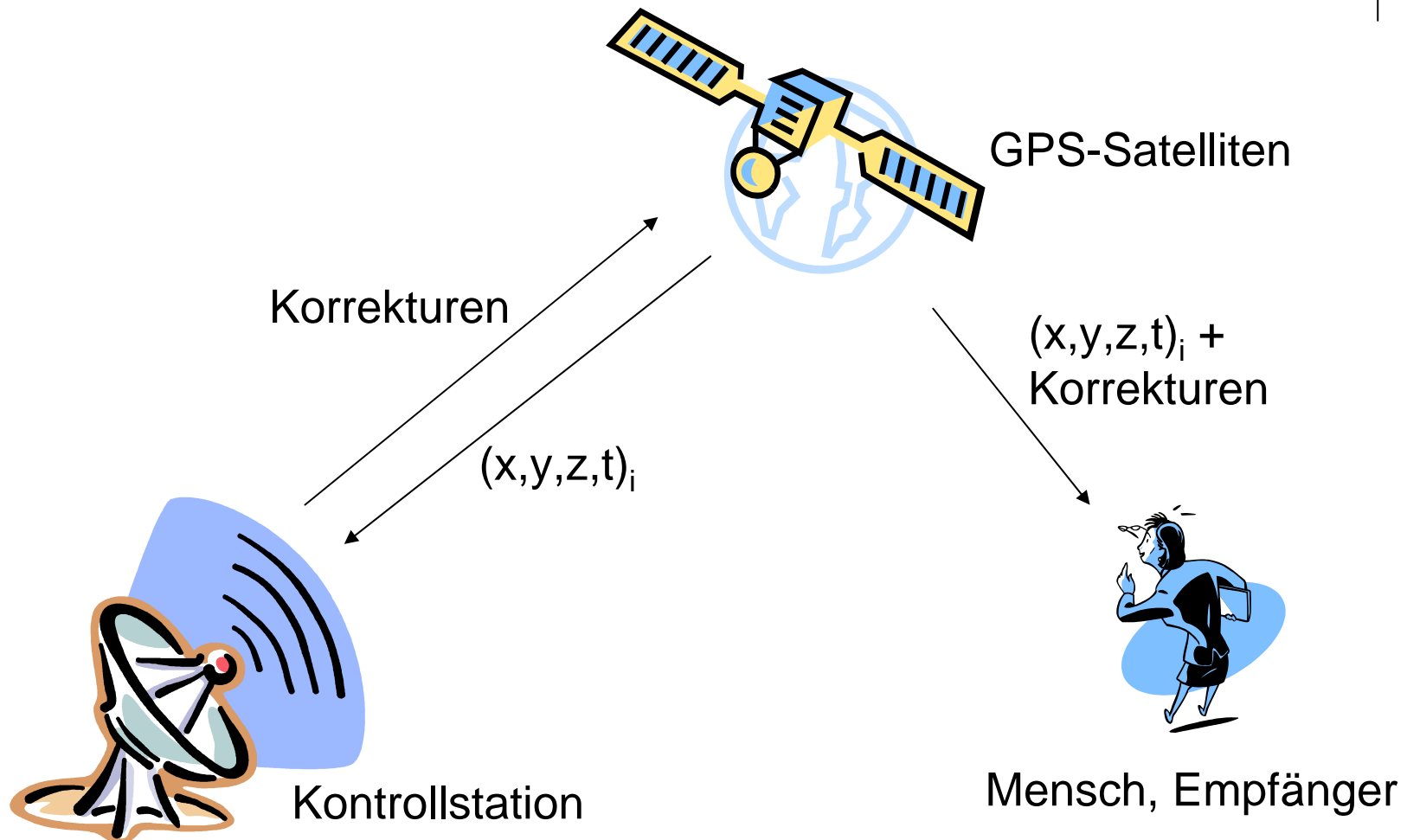


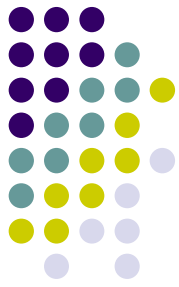
3. Positionsbestimmung - GPS

- Global Positioning System (GPS): satellitengestütztes System zur weltweiten Positionsbestimmung
- Nutzt Lateration unter Verwendung von Signallaufzeiten
- 1973: Beschluss zur Entwicklung von GPS
- 1978 – 1985: Start von elf Satelliten



3. Positionsbestimmung - GPS



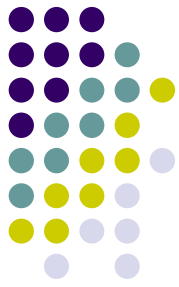


3. Positionsbestimmung - GPS

- Fehlerquellen bei der GPS-Positionsbestimmung

SOURCE	ERROR CONTRIBUTION
Ionospheric delays	10 m
Tropospheric delays	1 m
PRN Code Noise	1 m
SV Clock	1 m
SV Ephemeris Data	1 m
Pseudo-Range Noise	1 m
Receiver Noise	1 m
Multi-Path	0.5 m
TYPICAL ERROR WITH BASIC GPS	15 m

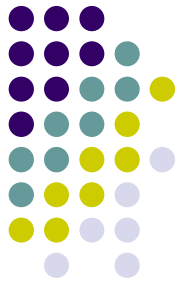
aus [Mund04]



3. Positionsbestimmung – im WLAN

- Ziele
 - Positionsbestimmung im WLAN ohne zusätzliche HW
 - Geforderte Genauigkeit: 1-2 m
- Annahmen
 - Ausreichende Anzahl von Access Points (APs)
 - Günstige Verteilung der APs
 - APs sind ortsfest
 - Client ist beweglich

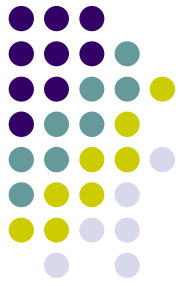
3. Positionsbestimmung – im WLAN (geometrischer Ansatz)



- Verfügbare Kenngrößen
 - Signallaufzeit
 - Konstante Laufzeiten nötig
 - Feldstärke
 - Messung mit geometrischem Ansatz
 - Formel von Friis:
 - Gebäudestruktur
 - Plausibilitätsdaten
 - Position der APs im Gebäude

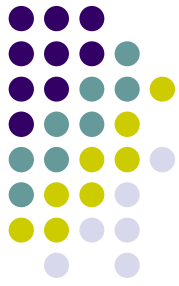
$$P_E = P_S \left(\frac{\lambda}{4 * \pi * d} \right)^2$$

3. Positionsbestimmung – im WLAN (geometrischer Ansatz)

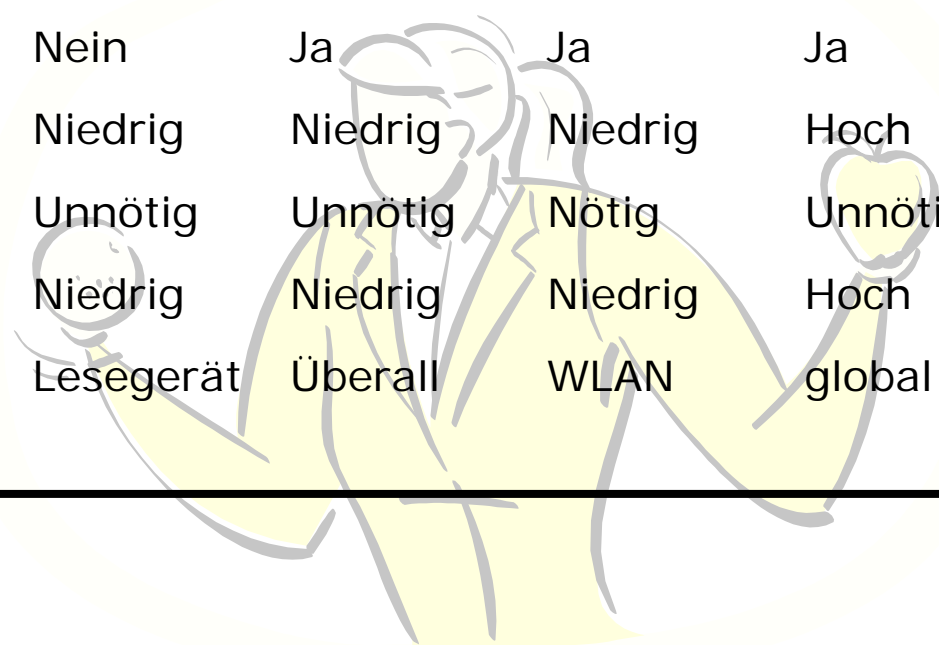


- Karte liefert Feldstärke aller empfangbaren Stationen
- Entfernung wird bestimmt durch Auswertung der verschiedenen Feldstärken
- Gebäudestruktur macht Triangulation schwierig
 - Signallaufzeiten nicht linear in Gebäuden
 - Mehrwegeausbreitung
- Möglicher Ausweg:
 - WLAN Fingerprints benutzen
 - Beste Übereinstimmung finden

3. Positionsbestimmung – Vergleich von GPS und WLAN



	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



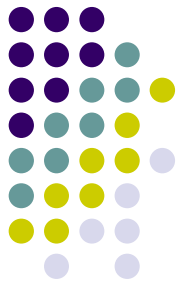
3. Positionsbestimmung – statistische Ansätze



- Ausgangssituation:
 - Sie haben ein dynamisches System
 - Sie beobachten verschiedene Sensoren
 - Sie wissen wie sich ihr System entwickeln kann
- Statistischer Ansatz:
 - Wie ist der Zustand des Systems nachdem sie (nur) eine Reihe von Sensordaten vorliegen haben?



➔ **Wo befindet sich der Nutzer?**



3. Positionsbestimmung – Bayessche Filter

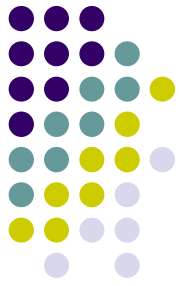
- Stochastischer Zustandsschätzer eines dynamischen Systems aus verrauschten Beobachtungen
- Zur Positionsbestimmung beim UbiqComp:
 - Zustand: Position einer Person / eines Objekts
 - Beobachtungen: durch (Positionsbestimmungs)-Sensoren bereitgestellt

- Beruht auf Bayes-Theorem:

$$P(B|A) = \frac{P(A|B) * P(B)}{P(A)}$$

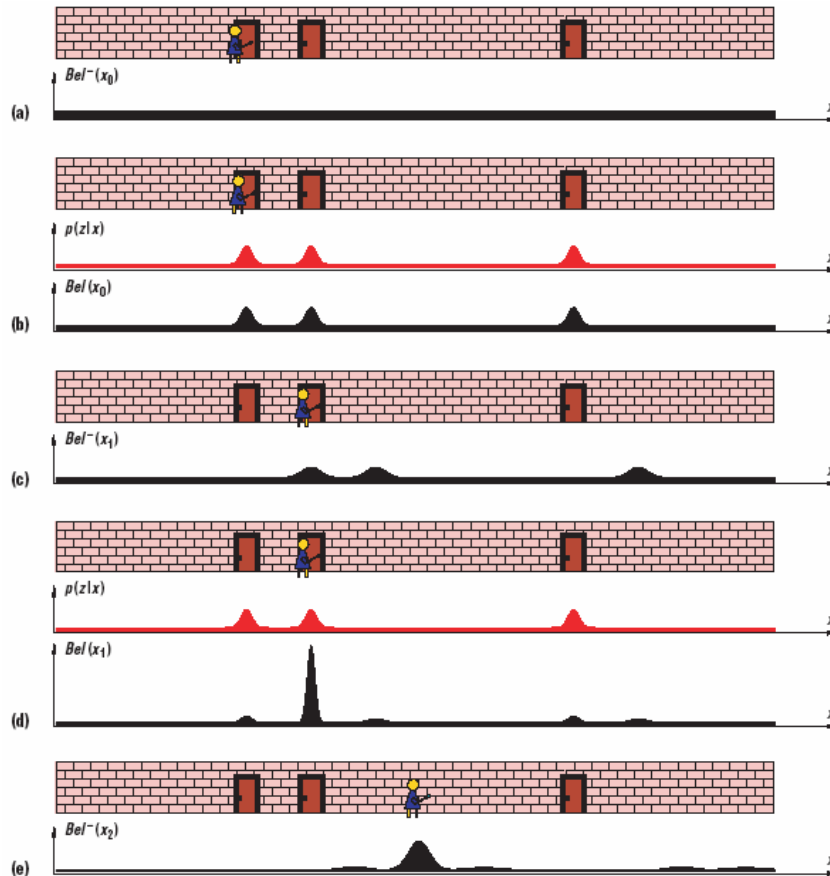
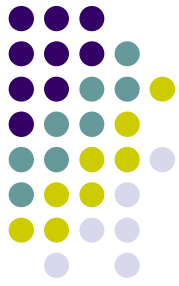
- ➔ Erweiterung der traditionellen Statistik, indem Wahrscheinlichkeit für Aussagen definiert wird

3. Positionsbestimmung – Bayessche Filter



- Bayessche Filter repräsentieren Zustand (Position) zu einem Zeitpunkt durch Zufallsvariablen x_t
- Zu jedem Zeitpunkt bestimmt die Wahrscheinlichkeitsverteilung über x_t ($Bel(x_t)$) die Unbestimmtheit
- Ziel der ständigen Schätzung solcher Annahmen über dem Zustandsraum unter Einbeziehung aller Sensordaten
- ➔ $Bel(x_t) \rightarrow$ Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Person am Ort x befindet, unter Verwendung der gesammelten Sensordaten?

3. Positionsbestimmung – Beispiel: Bayesscher Filter



aus [Fox03]

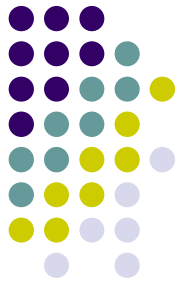
- A one-dimensional illustration of Bayes filters. A person carries a door-sensing camera that cannot distinguish different doors.
- Each frame depicts the person's position in the hallway and the current belief $Bel(x_t)$: (a) The person's location is unknown.
- (b) The sensor sends a "door found" signal.
- (c) The person moves.
- (d) The sensor observes another door.
- (e) The person moves again.

3. Positionsbestimmung – Kalman-Filter



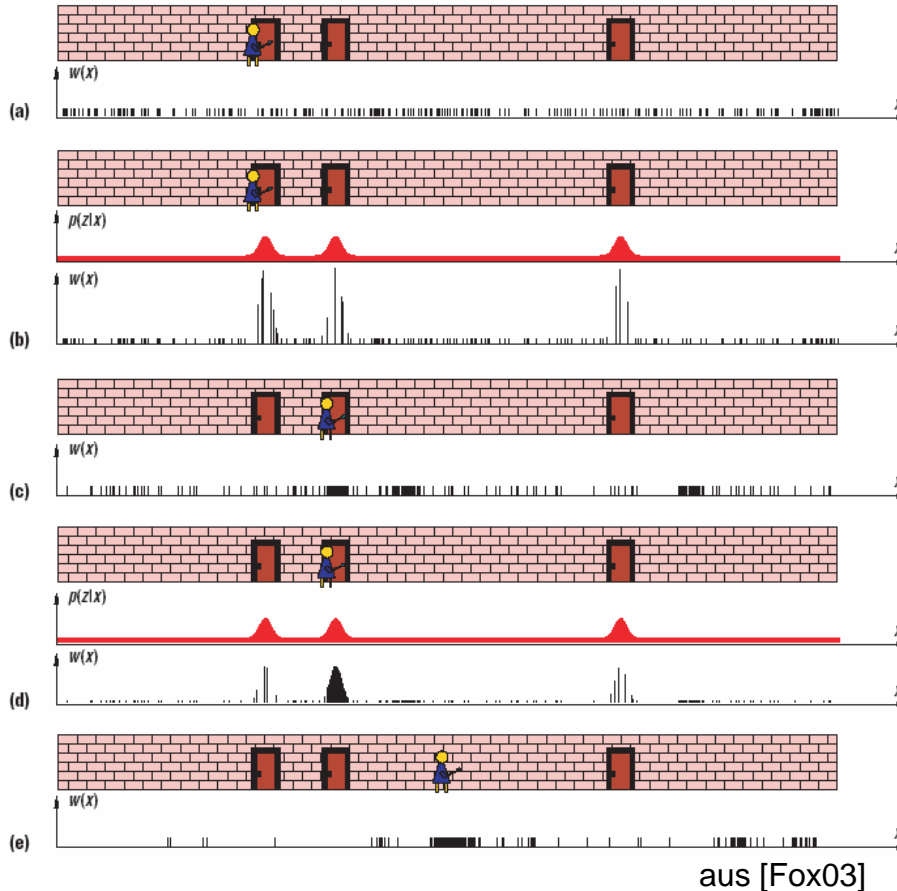
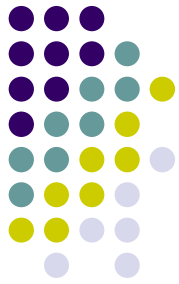
- Am weitesten verbreitete Variante von Bayesschen Filtern [Fox03]
- Für zeitdiskrete, lineare Systeme entwickelt
- Iterative Struktur → Einsatz in Echtzeitanwendungen
- Varianten erlauben auch zeitkontinuierliche (Kalman-Bucy-Filter, Gitter-basierte Ansätze) und nicht-lineare Systeme (erweiterter Kalman-Filter)
- Optimale Schätzer für gaussverteiltes Annahme der Unbestimmtheit (Störgrößen, Messfehler)

3. Positionsbestimmung – Sequentielle-Monte-Carlo-Methoden



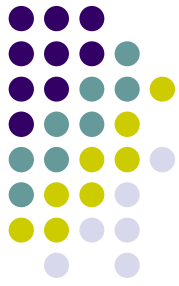
- Klasse der stochastischen Verfahren zur Zustandsschätzung in einem dynamischen Prozess
- Dynamik nur im statistischen Mittel bekannt (wesentliche Störgrößen)
- Kann nur unvollständig beobachtet werden
- Partikelfilter gehören zur Familie der SMC-Methoden
- Grundidee: Partikel (Paar aus Gewicht und Punkt im Zustandsraum)
 - Schwarm als Ganzes repräsentiert Wahrscheinlichkeitsdichte im Anfangszustand
 - Neuweightung der Partikel durch Vergleich von tatsächlichem mit vorhergesagtem Zustand

3. Positionsbestimmung – Partikelfilter



- A uniformly distributed sample set presents the person's initially unknown position.
- (b) A sensor detecting the left door. The sample set is obtained from weighing the importance factors in proportion to the likelihood of the measurement.
- (c) An implementation of the prediction step. The samples were drawn from the previous set with probability proportional to the importance factors.
- (d) A sensor detecting a second door.
- (e) The sample set obtained after another prediction step.

3. Positionsbestimmung – Vergleich Kalman- & Partikelfilter



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

nach [Fox03]

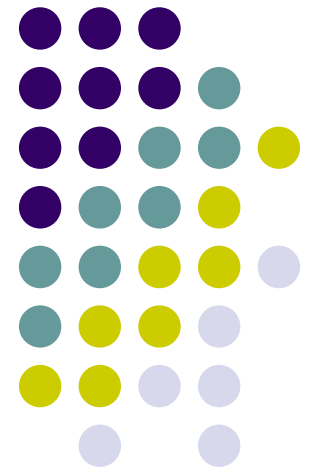


4. Zusammenfassung und Fazit

- Sensoren wurden als wichtiges Mittel zur Gewinnung von Kontextinformationen klassifiziert
- Geometrische und statistische Ansätze zur Positionsbestimmung wurden vorgestellt und bewertet
- ➔ Einsatzzweck/Umgebung bestimmt den „geeignetsten“ Sensor
- ➔ Sensorfusion ist interessanter Ansatzpunkt, um Positionsbestimmung weiter zu verbessern



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**





Quellen

- [Dey00] Dey A.: „*Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications*“ Georgia Institute of Technology, Nov 2000
- [High01] Hightower J. et al: „*Location Sensing Techniques*“ University of Washington, Aug 2001
- [Mund04] Mundt T.: „*Location Based Computing*“, Vorlesung, Universität Rostock, WS 2004/05
- [Fox03] Fox D. et al: „*Bayesian Filters for Location Estimation*“ University of Washington, Sep 2003