

Ulrich Walder

## Forschung im Facility Management

### IPS - ein Indoor-Positionierungs-System auf der Basis von Inertialsystemen

Das Institut für Bauinformatik der TU Graz beschäftigt sich mit Fragen der Sicherheit von Gebäuden und Infrastrukturanlagen in außerordentlichen Lagen. Seit zwei Jahren wird ein Computer Aided Disaster Management System (CADMS) entwickelt. Das Herzstück dieses Katastrophenführungssystems bildet ein grafisches Lagebild, welches alle statischen und dynamischen Informationen, sowohl der Einsatzleitung, wie auch den Einsatzkräften in adäquater Weise zur Verfügung stellt.

Ein besonders schwierig zu lösendes Problem stellt dabei die permanente Verfolgung der Einsatzkräfte dar. Da in Gebäuden und unterirdischen Anlagen keine GPS Signale empfangen werden können und im Katastrophenfall auf vorgängig installierte Systeme kein Verlass ist, mussten im Rahmen des Forschungsprojektes IPS (Indoor Positioning System) ganz neue Wege beschritten werden.

#### 1. Einleitung

Spricht man im Bereich Facility Management von Forschung, denkt man sofort an Themen wie Prozessoptimierung, Benchmarking oder allenfalls Energiemanagement. In Grenzbereichen des Facility Management sind jedoch auch Probleme zu lösen, welche von ihrer Natur her ganz anderen Fachgebieten zugeordnet sind. Dies trifft insbesondere auf das Sicherheitsmanagement zu.

##### 1.1. Sicherheit in grossen Gebäudekomplexen

Die Sicherheit von Personen in grossen Einkaufszentren, Flughäfen, Bahnhöfen oder in unterirdischen Verkehrsanlagen zu garantieren, stellt eine grosse

Herausforderung für alle beteiligten Bauherren, Gebäudebetreiber, Planer und Sicherheitskräfte dar. Obwohl entsprechende gesetzliche Vorgaben für eine Vielzahl von baulichen Massnahmen (Brandabschnitte, Rauchabzüge, Notsysteme für Strom und Beleuchtung, usw.) und betrieblichen Vorkehrungen (Alarmsysteme, Sprinkler-

anlagen, Evakuationsplanung, usw.) bestehen, können diese beim Eintreten einer aussergewöhnlichen Situation nur soviel zur Schadensminimierung beitragen, wie ihre Wirkung voraussehbar war. Fallen sie aus oder ist das Schadensereignis so gross, wie im Falle des Anschlags auf das World Trade Center in New York, hängt eine erfolgsverspre-

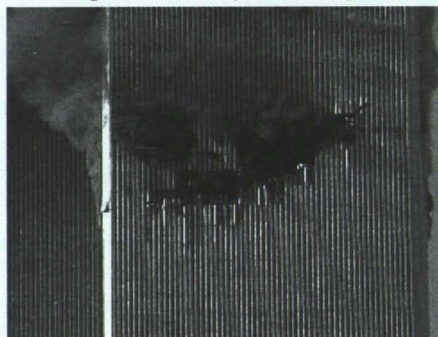


ABBILDUNG 1.1 ANSCHLÄGE AUF DAS WORLD TRADE CENTER IN NEW YORK UND DIE TOKIOTER U-BAHN

chende Reaktion entscheidend von einer eingespielten Rettungsorganisation und effizienten Einsatzführung ab. Abbildung 1.1 Anschläge auf das World Trade Center in New York und die Tokioter U-Bahn

Letztere wiederum setzt Informationen in Echtzeit voraus. Entscheidend sind dabei Fragen wie:

- Wo befinden sich Personen in einem Gebäude?
- Welche Schäden am Gebäude sind eingetreten oder sind als Nächstes zu befürchten?
- Wo befinden sich Gefahrenstoffe?
- Welches ist der sicherste Fluchtweg?
- Wo befinden sich die Einsatzkräfte (Feuerwehr, Sanität, Polizei, usw.)

Informationen in Echtzeit über den Zustand eines Gebäudes und seiner Benutzer können von Alarmsystemen, Zutrittskontrollsystemen, der Gebäudetechnik und Überwachungssystemen gewonnen werden, sofern diese im Katastrophenfall noch funktionieren. Ist dies nicht der Fall, stellt insbesondere das Lokalisieren und Verfolgen von Personen eine grosse technische Herausforderung dar. Dabei kann es sich um Eingeschlossene, deren Rettung höchste Priorität genießt oder um Rettungskräfte, welche sich in das Gebäude begeben müssen, handeln.

Während für das Orten eingeschlossener oder verschütteter Personen verschiedene Technologien vorhanden sind (Funkortung, Wärmebildaufnahmen, akustische Ortung), gibt es noch keine befriedigende Methode, um Rettungskräfte permanent in einem grossen Gebäudekomplex oder einer unterirdischen Anlage zu verfolgen, zu leiten und notfalls zu evakuieren. Natürlich kann der aktuelle Standort, solange eine Funkverbindung besteht, von den Rettungsteams permanent gemeldet werden. Dies belastet die Kommunikation jedoch aussergewöhnlich (bis zu 80% des Funkverkehrs), lenkt die Retter von ihrer eigentlichen Aufgabe ab und ist sehr fehleranfällig. Die Fehler rühren davon her, dass sich die Retter bezüglich ihres wirklichen Standorts irren können, wenn die Sicht durch Feuer und Rauch beeinträchtigt ist, oder dass die Einsatzzentrale durch die vielen eingehenden Meldungen überfordert ist.

### 1.2. Das Projekt IPS an der TU Graz

An der Technischen Universität Graz lief deshalb in den letzten zwei Jahren das internationale Forschungsprojekt IPS (Indoor Positioning System – Innenraum-Positionierungssystem), welches zum Ziel hatte, ein einfach zu handhabendes Positionierungssystem für Personen in Gebäuden zu entwickeln.

Das Projekt wurde von namhaften Firmen und Technologiezentren aus dem Sicherheitsbereich unterstützt (Armasuisse, RUAG Electronics, Securitron AG, Gebäudeversicherung des Kantons Bern, MIGROS-Aare, Speedikon Facility Management AG).

### 1.3. Eingesetzte Technologien

Geht man von der Voraussetzung aus, dass man für die Positionierung von Personen in Gebäuden keine stationären, ausschliesslich diesem Zweck dienenden Installationen vornehmen will, sind die technischen Möglichkeiten für die permanente Verfolgung des Standorts einer Person sehr beschränkt. Diese Einschränkung ist aber sinnvoll, weil die Gefahr besteht, dass feste Einrichtungen im Katastrophenfall nicht funktionieren oder aber technisch und finanziell viel zu aufwändig sind. GPS-Systeme funktionieren nur in Aussenräumen oder allenfalls in einfach überdeckten Hallen und Räumen. Die Ortung über die verschiedenen Arten von Funksignalen (Mobilfunknetz, Ultra Wide Band, Wireless LAN, usw.) ist entweder viel zu ungenau oder zu teuer.

An der TU Graz hat man sich deshalb auf die Positionierung mittels Trägheitsnavigation und Magnetometer konzentriert. Die Technologie dazu liefern sogenannte „Dead Reckoning“-Sensoren (Blindflugsensorik). Dabei handelt es sich um einen Sensor von der Grösse einer Streichholzschachtel, welcher die Beschleunigungen und das

Erdmagnetfeld in je drei Richtungen, sowie die Drehbeschleunigungen um die drei Achsen im Raum misst. Aus der doppelten Integration der Beschleunigungen über die Zeit kann damit, ausgehend von einem bekannten Standort, die Position berechnet und in einem Grundrissplan dargestellt werden.

Da die solcherart berechnete Position aus verschiedensten Gründen (Drift, abgelenktes Erdmagnetfeld, usw.) ziemlich ungenau ist, wurde eine automatische Koppelung mit einem kontext-adaptiven Gebäudemodell, bzw. mit dem Grundrissplan entwickelt. Dabei wird der Sensor an eindeutig erkennbaren Stellen im Grundriss automatisch repositioniert. Zusätzlich besteht die Möglichkeit einer Repositionierung durch den Sensorträger. Außerhalb von Gebäuden kann die Positionskorrektur über GPS erfolgen. Um die Einsatzkraft nicht von ihrer primären Aufgabe abzulenken, kann das ganze System freihändig bedient werden. Die Grundrissdarstellung erfolgt in einem HMD (Head Mounted Display).

Das ganze IPS-System ist Teil des sich in Entwicklung befindenden Computer Aided Disaster Management Systems CADMS. Dieses umfasst auch die notwendigen Kommunikationskomponenten für eine Vernetzung unter erschwerten Bedingungen.

## 2. Bisherige Resultate

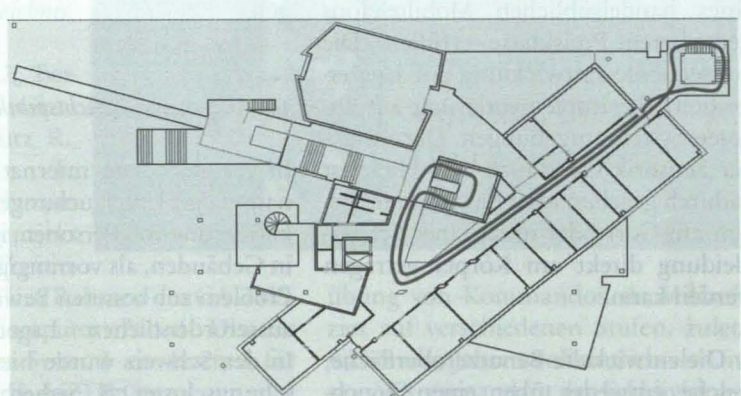


Abbildung 2.1 Teststrecke über 2 Stockwerke im Institutsgebäude

### 2.1. Positionierung

Wie aus dem ausführlichen Schlussbericht [1] zu ersehen ist, wird eine Genauigkeit von ca. 2 m nach dem Abschreiten einer hundert Meter langen Strecke erreicht. Dabei werden auch

Höhenunterschiede mit einer Genauigkeit von ca. 30 cm auf 3 m erkannt.

### 2.2. Praxistauglichkeit

Die Verwertbarkeit der entwickelten Positionierung hängt nicht nur von der Genauigkeit, sondern ebenso von der Robustheit und Benutzerfreundlichkeit ab.

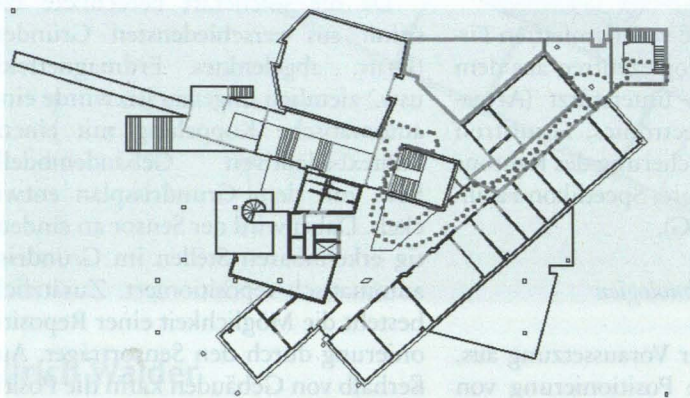


Abbildung 2.2 Testlauf mit automatischer Korrektur am Gebäudemodell

Der entwickelte Hardwareprototyp entspricht noch nicht in allen Punkten den Anforderungen an einen Einsatz in einem rauen Umfeld. Dies war aber auch nicht Ziel des Projektes. Es hat sich jedoch gezeigt, dass eine weitere Miniaturisierung leicht möglich ist und verschiedene Komponenten noch massiv überdimensioniert sind. Dies betrifft primär den mitgeführten Rechner, welcher mit einem Bildschirm ausgestattet ist. Die Systemanforderungen lassen sich heute jedoch mit dem Prozessor und den Netzwerkkapazitäten eines handelsüblichen Mobiltelefons der oberen Preisklasse erfüllen. Die konsequente Entwicklung auf Java erleichtert die Implementierung auf anderen Systemumgebungen. Der Schutz der Sensorik vor Rauch und Hitze ist dadurch gegeben, dass das gesamte System am Gurt oder unter einer Schutzkleidung direkt am Körper getragen werden kann.

Die entwickelte Benutzeroberfläche, welche entweder über einen Touchscreen oder über Sprache bedient werden kann, ist noch weiter zu entwickeln. Dabei ist zwischen einem Einsatz im Katastrophenfall und einer weiteren Entwicklung zu einem Massenprodukt zu unterscheiden. Im Katastrophenfall geht es vor allem darum, mit sehr wenigen Befehlen ohne Handeingabe mit dem System kommunizieren zu können.

Eine entsprechende, sprachgesteuerte Benutzeroberfläche wurde entworfen und implementiert. Im Feldversuch hat sich gezeigt, dass noch wesentliche Vereinfachungen notwendig sind und auch die Spracherkennung verbessert werden muss. In einer nächsten Projektphase soll untersucht werden, ob die Spracherkennung durch eine Neuro-Schnittstelle ersetzt werden kann.

Entsprechende „Gedankenempfänger“, welche auf der Messung verschiedener biometrischer Signale beruhen, sind auf dem Markt für Computerspiele stark im Kommen. Sie sind sehr kostengünstig und können mit dem HMD gekoppelt werden.

Beim Einsatz von IPS im Massenmarkt geht es darum, die Technologie in bestehende, stets verfügbare Hardware zu integrieren. Mobiltelefone mit einer Bildschirmauflösung von 640x480 Punkten sind bereits verfügbar. Entsprechende Untersuchungen sollen im Jahr 2009 erfolgen; die Voraussetzungen dafür sind geschaffen.

## 3. Ausblick und weitere Entwicklungen

### 3.1. Allgemeine Gesichtspunkte

In verschiedenen internationalen und nationalen Untersuchungen ist die Lokalisierung von Personen, insbesondere in Gebäuden, als vorrangig zu lösendes Problem zur besseren Bewältigung von ausserordentlichen Lagen erwähnt. In der Schweiz wurde hierzu der Forschungscluster 08 „Sicherheitskraft der Zukunft“ [2] von der Armasuisse ins Leben gerufen. Ein Grossteil der relevanten Firmen, Organisationen und Forschungseinrichtungen der Schweiz im Sicherheitsbereich sind daran aktiv beteiligt.

Das Potential der eingesetzten Technologien kann wie folgt beurteilt werden:

- Inertialsysteme werden heute in vielen anderen technischen Systemen verwendet. Das Verbesserungspotential der Basistechnologie ist noch lange nicht ausgeschöpft.
- Die eingesetzten Sensoren sind heute noch relativ teuer (ca. 2000.- SFr), bestehen aber aus Grundkomponenten, die für wenige Euros erhältlich sind und für andere Zwecke in grossen Mengen hergestellt werden (z.B. Auslöser von Airbags in Autos). Es ist absehbar, dass, analog zu GPS-Empfängern, der Preis für die Sensorik beim Vordringen in den Massenmarkt, drastisch zurückgehen wird.

### 3.2. Einsatz im Bereich Einsatzkraft der Zukunft

Die wichtigsten Anforderungen an die Einsatzkraft der Zukunft wurden vom Forschungscluster der Armasuisse an einem Workshop (12.6.2008) evaluiert. An erster Stelle wurde die C4ISTAR-Fähigkeit genannt. C4ISTAR ist wie folgt definiert (engl. Wikipedia):

C4ISTAR is the British acronym used to represent the group of the military functions defined by C4 (Command, Control, Communications, Computers), I (military intelligence) and STAR (Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance) in order to enable the coordination of operations.

Die auch im Zusammenhang mit dem Katastrophenmanagement gültige Definition besagt nichts anderes, als dass sowohl die Einsatzführung mit den Rettungsteams, wie auch diese untereinander vernetzt operieren und alle Möglichkeiten der modernen Elektronik nutzen, um ihre Aufgabe zu erfüllen. Als wichtige Fähigkeiten im Bereich C4ISTAR wurden an dem erwähnten Workshop u.a. die folgenden definiert:

- Ein aktuelles Lagebild ist permanent verfügbar
- Situations- und einsatzgerechte Mensch – Maschinen Interaktion
- Navigation und Lokalisierung in Gebäuden.

Die Festlegung der Prioritäten ergab folgendes Resultat:

1. Hilfe zur Lagebeurteilung und Entscheidungsfindung
2. Mensch – Maschinen Interaktion
3. Kontinuierliche Geolokalisierung
4. Freund – Feind Erkennung

Die ersten drei Punkte entsprechen genau den Zielen, welche am Institut für Bauinformatik (IBI) der TU Graz mit dem Projekt CADMS verfolgt werden.

Es stellt sich die Frage, inwieweit bereits Lösungen existieren, welche eine

dass sie z.B. in ein Mobiltelefon eingebaut werden kann. Die damit verbundene Freiheit der Tragart wird es notwendig machen die Inertialtechnologie mit weiteren Lokalisierungstechnologien zu ergänzen.

#### Lebenslauf

Ulrich Walder, Univ.-Prof. Dr. Techn. Dipl. Ing. ETH

1970 - 1979 Assistent und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Baustatik und Konstruktion, sowie am Institut für Informatik der ETH Zürich.

1977 Promotion zum Dr. sc. techn. mit der Arbeit „Beitrag zur Berechnung von Flächentragwerken nach der Methode der Finiten Elemente“.

Mitarbeit bei verschiedenen bedeutenden Expertisen in den USA. Entwicklung verschiedener Statikapplikationen, u.a. FLASH.

1980 - 1981 Übersiedelung nach Graz. Mitarbeiter im Ingenieurbüro Lorenz. Projektierung von Brücken und Industrieanlagen. Weiterentwicklung der eigenen Statikprogramme.

Ende 1981 Übersiedelung nach Bern. Gründung der Walder & Trüb Informatik AG und Walder & Trüb Engineering AG mit heute 18 Mitarbeitern. Niederlassungen und eigene Vertretungen in Zürich, Nyon/Genf, Wien, Peking, Slowenien. Hauptaktivitäten auf den Gebieten des Facility Managements (Beratung, individuelle Softwareentwicklung), des CAD und der Computerstatik.

1972 - 2003 Absolvierung der Kadetschulen der Schweizer Armee und Aus-

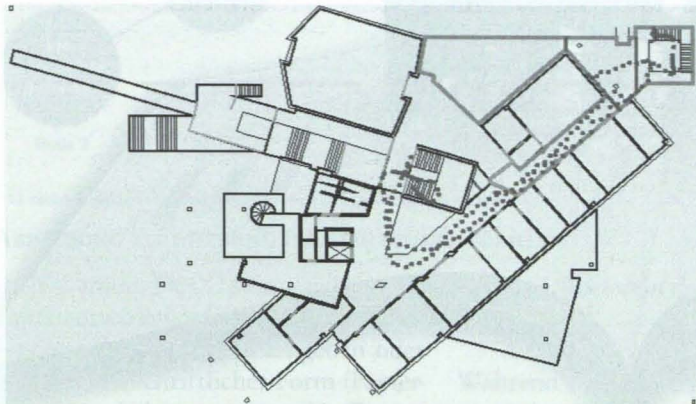


Abbildung 2.3 Testlauf mit automatischer Korrektur am Gebäudemodell und Benutzerinteraktion in den Treppenbereichen

weitere Forschung überflüssig machen oder eine Kommerzialisierung gefährden, weil diese zu spät kommt. Dazu ist folgendes zu sagen: im Moment sind keine vergleichbaren Systeme erhältlich. Es werden zwar verschiedene Systemkomponenten (teilweise mit unrealistischen Versprechungen) angeboten, aber es ist uns, trotz intensiver Recherchen, kein System bekannt, welches den Ansprüchen einer Einsatzkraft der Zukunft heute genügen würde.

#### 3.3. Einsatz im Massenmarkt

Das Potenzial des Einsatzes eines IPS-Systems ist nicht auf die Einsatzkraft der Zukunft beschränkt. Genauso wie GPS-Systeme, welche ursprünglich für ein militärisches Führungssystem entwickelt wurden, wird die Innenraumpositionierung zu einer alltäglichen Anwendung werden. Nützliche Anwendungen werden sein:

- Personenleitsysteme in öffentlichen Gebäuden wie Flughäfen, Museen, U-Bahnstationen, Bahnhöfen, usw.
- Besucherleitsysteme in Einkaufszentren, Spitälern, Sportanlagen, usw.

Dieser Schritt erfordert allerdings eine Miniaturisierung der Sensorik, so

der Inertialtechnologie und einem kontext-adaptiven Umgebungsmodell basiert.

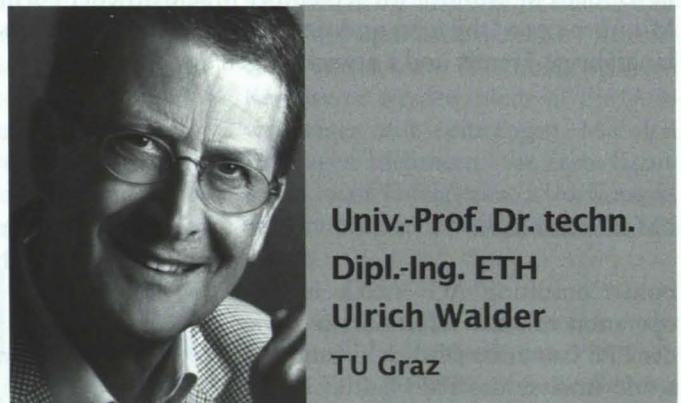
Die rasche, permanent erfolgende Weiterentwicklung der benötigten Hardware in Richtung Miniaturisierung, Steigerung der Leistungsfähigkeit und günstigerer Produktion dank weiterer Verbreitung, erhöht die Chance auf eine rasche Akzeptanz am Markt für IPS-Systeme. Die Aussicht auf einen Durchbruch in den Massenmarkt beschleunigt diese Entwicklung zusätzlich.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Walder U., Bernoulli T., Glenzer G., Schütz R., Wießflecker T., Schlussbericht zum Forschungsprojekt IPS (Indoor Positioning System) im Rahmen des CADMS-Projekts (Computer Aided Disaster Management System) am Institut für Bauinformatik der TU Graz
- [2] Humair D., Sicherheitskraft der Zukunft, Präsentation vom 3.11.2008

#### 4. Zusammenfassung

In den letzten zwei Jahren ist es an der TU Graz gelungen, ein neuartiges Innenraum-Positionierungssystem zu entwickeln, welches auf



Univ.-Prof. Dr. techn.  
Dipl.-Ing. ETH  
Ulrich Walder  
TU Graz

übung von Kommandos als Milizoffizier auf verschiedenen Stufen, zuletzt während 3 Jahren vollamtlich als Divisionär Kommandant der Felddivision 3. Seit 2004 Professor für Bauinformatik an der Technischen Universität Graz.