

Location-based Services: Konkurrenz durch lizenzfreie Alternativen

Urban Richter, AIFB, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, Deutschland
Matthias Bonn, AIFB, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, Deutschland
Hartmut Schmeck, AIFB, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, Deutschland

Kurzfassung

Die kommerzielle Nutzung von UMTS steht in Deutschland kurz bevor, aber auch lizenzfreie Alternativen wie WLAN haben Marktreife erreicht und erfreuen sich wachsender Nutzerzahlen. UMTS fehlen derzeit nicht nur marktreife Endgeräte, sondern auch Ideen für Anwendungen, die diesen neuen Mobilfunkstandard für Endkunden attraktiv machen. Ortsbezogene Dienste (bzw. Location-based Services – LBS) könnten die Basis für neuartige Anwendungen mit der notwendigen Attraktivität darstellen. Im Rahmen der Notebook University Karlsruhe (NUKATH) wurde der Prototyp eines Ortsdienstes entwickelt, bei dem auf teure Lizenzen, spezielle neue Protokolle und neue Typen von Endgeräten verzichtet wird. Der Prototyp ermöglicht die Ortung mittels GPS (Global Positioning System), die Kommunikation über WLAN (IEEE 802.11) und die Benutzung von Notebooks, Tablet PCs oder – mit leichter Modifikation – auch anderer mobiler Geräte.

1 Einführung

Der Begriff der Location-based Services (LBS) ist keineswegs neu. In Europa ist die Idee der Standortbestimmung eines mobilen Teilnehmers (MT) und des darauf aufbauenden Mehrwertangebots seit Ende der 80er Jahre ein Thema von Forschung und Entwicklung.

Motiviert durch millionenteure Investitionen in 3G-Mobilfunknetze machen sich vor allem Unternehmen der Mobilfunkbranche Gedanken über die Zukunft von ortsbezogenen Diensten. Wissenschaftlich ist die Frage nach dem Potenzial von LBS nicht umfassend untersucht, es gibt unterschiedliche Einschätzungen. Folgt man [1], kann nicht bezweifelt werden, dass sich bereits existierende Applikationen im B2C-Bereich, wie

- erweiterte Yellow-Pages,
- Reise- und Tourismusassistenten,
- Herz-/Kreislaufüberwachung von Risikopatienten und
- Jugend-/Lifestyle-Dienste

durchsetzen werden. Sie haben einen echten Nutzwert und sind zum Teil bereits im Alltag verankert. Auch im B2B-Bereich werden sich Systeme mit Ortskontext etablieren. In den Bereichen

- Logistik und Flottenmanagement,
- Sicherheitsmanagement (wie beispielsweise Geldtransporte),
- Notfalltelematik und
- CRM, verknüpft mit mobilen Technologien für Verkauf, Vertrieb und Service

gibt es dafür ein großes Potenzial. Nach [1] besteht vor allem für die folgenden Bereiche Forschungs- und Entwicklungsbedarf:

- Location Roaming (Ortung außerhalb von Heimnetzen)
- Endgeräteverbesserung (Zugangsgeschwindigkeit, Display und Benutzerergonomie)
- Technische Interpretation gesetzlicher Rahmenbedingungen für den Umgang mit persönlichen und ortsbezogenen Daten
- Sinnvolle und verständliche Tarife zur Kostenabrechnung

Mobilfunkunternehmen hatten zunächst auf UMTS-basierte Dienste gesetzt. Auch im B2B-Bereich erweisen sich mittlerweile auf GPS basierende Lösungen als eine ernstzunehmende Alternative. Die Standortbestimmung lässt sich bereits heute über GPS mit einer hohen Präzision realisieren. Aus Sicht der Endkunden sind bereits funktionstüchtige und kostengünstige Endgeräte auf dem Markt. Die Nutzung von GPS und auch des WLAN ist darüber hinaus meist kostenfrei. 2G-/3G-Netzbetreibern scheint es bisher an Rezepten zu fehlen, diesen Trend zu stoppen, ihm entgegen zu treten und Angebote zu entwickeln, die von der jeweiligen Zielgruppe angenommen und bezahlt werden.

Der vorliegende Beitrag beschreibt den Prototyp eines LBS, der mit bereits heute verfügbaren und praxiserprobten Techniken realisierbar ist und – zumindest bei Anwendungen unter freiem Himmel – zu Techniken wie beispielsweise UMTS respektable Alternativen ermöglicht. Er entstand im Rahmen einer Dip-

lomarbeit am Institut AIFB der Universität Karlsruhe [2]. Der folgende Abschnitt widmet sich der Theorie und dem Stand der Technik, es folgt eine Beschreibung des Prototyps eines LBS auf dem Campus der Universität Karlsruhe (TH). Fazit und Ausblick beenden den Beitrag.

2 Theorie

Eine Vielzahl von Definitionen (z. B. [3], [4] und [5]) erläutert, was man gemeinhin unter Begriffen wie *Location Awareness*, *Position Awareness*, *Context Awareness* oder *LBS* verstehen mag. Allen gemeinsam ist die Fähigkeit zur automatischen Lokalisierung, die Nutzung mobiler Endgeräte und die Generierung eines Mehrwertdienstes aufbauend auf dem Nutzerstandort.

Nach [6] und [7] können fünf primäre Hauptfunktionen von Anwendungen unterschieden werden, die Standortdaten verarbeiten:

1. Ortung von Personen und Objekten
2. Suchanfragen bzgl. der näheren Umgebung – wo ist das nächste Hotel, öffentliche Toilette, Krankenhaus, der nächste freie Hörsaal, etc.?
3. Routing: Wie kommt man am schnellsten von A bzw. vom aktuellen Standort) nach B?
4. Verkehrshinweise: Stau, Sperrungen, etc.
5. Werbung

Der im dritten Teil der Arbeit vorgestellte Prototyp ist eine Anwendung der ersten Kategorie. Ziel ist die Schaffung eines technischen Konzepts, welches ein mobiles Interaktionssystem zur Navigation durch städtische Informationsräume der Vergangenheit, der Gegenwart und der Zukunft ermöglicht. Dabei ist ein Szenario verfolgt worden, das sich wie folgt präzisieren lässt: Studierende, ausgestattet mit einem mobilen Endgerät, identifizieren beim Gang über den Universitätscampus die Gebäude innerhalb des persönlichen Radius und erhalten Zusatzinformationen zu diesen (s. u.).

LBS basieren also auf der Möglichkeit der Ortung von mobilen Objekten. Positionen lassen sich in aller Regel mit der Hilfe eines Ortungssystems bestimmen. Aus der Fülle von möglichen Systemen muss für den speziellen LBS das den individuellen Anforderungen am besten angepasste ausgewählt werden. Nach [8] genügt ein mustergültiges System den folgenden Anforderungen:

- Dreidimensionale Ortung (x, y, z oder Breite, Länge, Höhe)
- Weltweite Verfügbarkeit bei annähernd gleicher Genauigkeit
- Unabhängigkeit der Nutzung von Ort und Zeit
- Unbegrenzte Zahl gleichzeitiger Nutzer

- Möglichst hohe Genauigkeit der Standortbestimmung (unterschiedliche Mehrwertdienste erfordern differierende Genauigkeiten)
- Kontinuierliche, schnelle und automatische Lieferung des Ortungsergebnisses
- Keine Beeinträchtigungen der Mobilität
- Geringe Kosten (auf Seiten der Nutzer)

2.1 Ortung

Aus Platzgründen kann an dieser Stelle nicht ausgeführt werden, welche Alternativen zu GPS in der Praxis existieren und wie dieses System im Detail funktioniert (siehe dazu [2], [7], [9] und [10]). Wichtiger erscheinen die Vorteile satellitengestützter Positionsbestimmung und die Darlegung der Entscheidung für diese Technik.

Weltweite Verfügbarkeit und die Unabhängigkeit der Nutzung von Ort und Zeit sind mit Sicherheit die wichtigsten Vorzüge, die unter dem Gesichtspunkt der Übertragbarkeit des Prototypen auf andere Anwendungsszenarien zu nennen sind. Ebenso stellt die hohe Präzision ein wichtiges Kriterium dar. Alternativen, die auf 2G-/3G-Technologien basieren (z. B. CELL ID, UL-TOA oder E-OTD, siehe [7]), erweisen sich als zu ungenau, ermöglichen keine eindeutige Identifizierung von Gebäuden im Außenbereich und lassen sich nicht lizenzfrei nutzen. Nicht zu vergessen ist die Anforderung einer unbegrenzten Zahl gleichzeitiger Nutzer. Im Umfeld von UMTS existieren Probleme, die als Zellatmung bezeichnet werden [11], und GSM-Netze kollabieren bei Überlast oder fehlenden Basisstationen.

Ein immer wichtiger erscheinender Grund betrifft datenschutzrechtliche Angelegenheiten. Standortdaten sind auf EU-Ebene seit dem 31. Oktober 2003 durch die Richtlinie 2002/58/EG ausdrücklich geschützt. Entscheidet man sich für eine MT-basierte Methode zur Ortung – die Positionsbestimmung findet client- und nicht netzwerkseitig statt – so lässt sich argumentieren, dass sich der MT der Konsequenzen einer Ortung und einer Übermittlung seiner Standortdaten bereits durch die notwendige Hardwarekonfiguration bewusst ist. Ohne die aktive Nutzung eines GPS-Empfängers kann kein Mehrwert generiert werden. Die in der Mobilfunkbranche bisher gültige Interpretation des Tastendrucks als Einwilligung des Endkunden zur Nutzung der Positionsdaten wird juristisch noch zu überprüfen sein.

2.2 Datenaustausch

Seit Mitte des Jahres 2000 wird an der Universität Karlsruhe sehr erfolgreich ein drahtloses Kommunikationsnetz auf der Basis des Standards IEEE 802.11b aufgebaut und betrieben. Für den ubiquitären drahtlo-

sen Zugang zu Datennetzen gibt es in der Praxis keine anderen sinnvollen Alternativen.

Bei IEEE 802.11 handelt es sich um einen weltweiten Standard. Das 2,4 GHz ISM Frequenzband ist lizenzfrei nutzbar und Funk stellt eine robuste Übertragungstechnik dar. Darüber hinaus existiert eine Vielzahl an mobilen Endgeräten, die diesen Standard unterstützen.

WLAN erfreut sich weltweit an vielen hoch frequentierten Orten wie Bahnhöfen, Flughäfen oder Cafés zunehmender Beliebtheit. Selbst in reinen Wohngebieten entstehen mehr und mehr „Hot Spots“. Der Aufbau einer WLAN-Infrastruktur ist im Vergleich zu 2G-/3G-Technologien einfacher und günstiger. Es liegt nahe, nicht auf die Einführung von Mobilfunkstandards der nächsten Generation zu warten, um in Ballungsräumen LBS zu ermöglichen. Bandbreite, Paketvermittlung und volumenbasierte Tarifierung sind weitere positive Eigenschaften.

Für den im dritten Abschnitt vorgestellten Prototypen ist die Kommunikation mittels WLAN allerdings nicht zwingend erforderlich. Standortdaten und ein darauf aufbauendes Informationsangebot lassen sich auch mit anderen Technologien zwischen Client und Server austauschen.

Es darf an dieser Stelle nicht vergessen werden, dass sich mit WLAN auch mobile Endgeräte orten lassen. Insbesondere innerhalb von Gebäuden könnte man so die Nachteile von GPS kompensieren und einen flächendeckenden LBS realisieren.

2.3 Mobile Endgeräte

Die Akzeptanz einer mobilen Anwendung hängt nicht unwesentlich von der Bedienfreundlichkeit, der Größe, dem Aussehen, dem Gewicht, der Rechenleistung, der Displaygröße und anderen Merkmalen des mobilen Endgerätes ab.

Die Hersteller von derartigen Geräten sehen sich mit der Herausforderung konfrontiert, in immer kürzeren Zyklen neue Endgeräte mit neuen Standards zu entwickeln und in den Markt einzuführen. Als problematisch erweist es sich, dass keine klaren Vorstellungen von einem einheitlichen Standard für LBS existieren. Das erklärt, weshalb spezielle Geräte fehlen, die ausschließlich für derartige Dienste konzipiert und eingesetzt werden.

Möglicherweise kann dies aber auch gar nicht das Ziel sein, welches die Hersteller verfolgen sollten. Eventuell erweisen sich flexible Multifunktionsgeräte als effizienter, die gleichzeitig GSM, UMTS, WLAN und GPS unterstützen. Ein Entwicklungstrend ist derzeit jedoch nicht zu erkennen.

Schon jetzt wird deutlich, dass das Fehlen einer präzisen Klassifikation oder anerkannten Standardisierung von LBS nicht nur Netzbetreiber und Dienstanbieter hemmt, sondern auch die Hersteller der Geräte. Keiner kann voraussehen, welche Trends sich letztlich

durchsetzen. Dementsprechend vielfältig ist das Spektrum an Geräten für den mobilen Einsatz.

Stellt die Heterogenität des Gerätemarktes einen Ausgangspunkt bei der Betrachtung von LBS dar, dann erscheint es sinnvoll, einen Mehrwertdienst zu entwickeln, der möglichst wenig Gerätetypen ausschließt, bewährte Standards unterstützt und weit verbreitete Geräteklassen anspricht. Unter diesem Aspekt ist die Entscheidung zu Gunsten von Notebooks und Tablet PCs beim Karlsruher Prototypen zu betrachten. Ein Ausbau auf weitere mobile Geräte wie Pocket PCs oder andere PDAs ist problemlos möglich.

3 Praxis und Prototyp

Die Idee für den im Folgenden skizzierten LBS ist im Rahmen des durch Mittel des BMB+F geförderten Projekts *Notebook Universität Karlsruhe (TH)* (NU-KATH) entstanden. Zu beteiligten Lehrstühlen, entsprechenden Aufgaben und Zielsetzungen sei auf die offizielle Projekthomepage [12] verwiesen.

In Kooperation der Institute AIFB [13] (Fakultät für Wirtschaftswissenschaften), IFIB [14] (Fakultät für Architektur) sind im Seminar *Spurensuche in der erweiterten Stadt* [15] praxistaugliche Konzepte entwickelt worden, die ein mobiles Interaktionssystem zur Navigation durch städtische Informationsräume ermöglichen.

Während das Seminar im Wesentlichen inhaltliche Lösungen fixiert hat, zeigt der hier vorgestellte LBS grundlegende technische Zielsetzungen auf. Es konnte prototypisch eine technologische Basis geschaffen werden, die nicht nur die individuellen Ideen der Architekturstudierenden realisiert, sondern vielmehr eine allgemeingültige technische Konzeption in den Vordergrund stellt.

3.1 Entwurf

Aufbauend auf den Technologien WLAN und GPS ist ein LBS entwickelt worden, der als Client/Server-Applikation die existierenden Standards von Internetanwendungen nutzt. Das Konzept ist flexibel ausgelegt und lässt sich leicht an geänderte Rahmenbedingungen anpassen. Da auf Clientseite ein Standard-Webbrowser zur Informationsdarstellung zum Einsatz kommt, können praktisch beliebige multimediale Inhalte verwendet werden. Im vorliegenden Fall werden, wie bereits oben angedeutet, Gebäudedaten des Campus der Universität Karlsruhe visualisiert. Ein typischer Anwendungsablauf lässt sich wie folgt beschreiben:

1. Client bestimmt seine Position mit Hilfe des GPS-Empfängers.
2. Client übermittelt die Positionsdaten an Server.

3. Server speichert Positionsdaten und Benutzererkennung (hier: IP-Adresse) in Datenbank.
4. Client schickt Anfrage.
5. Server generiert Antwort in Abhängigkeit von den gespeicherten Positionsdaten.
6. Client stellt Antwort graphisch für Benutzer dar.

Die Schritte 1-3 und 4-6 können dabei unabhängig voneinander beliebig oft wiederholt werden. Das Szenario ist in Bild 1 nochmals dargestellt.

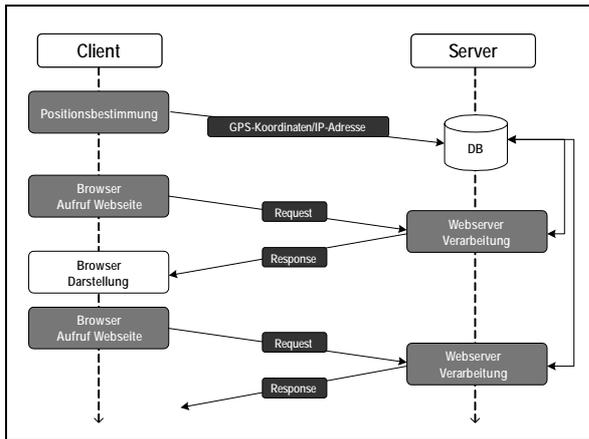


Bild 1 Abläufe zwischen Client und Server

3.2 Architektur

Die meisten handelsüblichen GPS-Empfänger emulieren eine serielle Schnittstelle, über die man die Positionsdaten auslesen kann. Der Zugriff auf diese Schnittstelle gelingt mit einem Webbrowser jedoch nur unter Verwendung von ActiveX-Controls. Da diese Technologie allerdings nur mit dem Microsoft Internet-Explorer nutzbar wäre, ist eine andere Lösung verfolgt worden: Es ist eine eigenständige Anwendung implementiert worden (im folgenden mit *MyGPS* bezeichnet), die ausschließlich die GPS-Daten ausliest und an den Server überträgt, jedoch nicht für die Darstellung der eigentlichen Inhalte zuständig ist. Die Aufgabe der Datenvisualisierung übernimmt der Webbrowser, der parallel zu *MyGPS* läuft.

Der Server speichert die Positionsdaten zusammen mit der jeweiligen IP-Adresse. Bei einer Browseranfrage ist es somit möglich, die letzte Position des Clients abzufragen und entsprechende Webseiten zu generieren. Die IP-Adresse übernimmt also die Aufgabe einer eindeutigen Benutzererkennung. Selbstverständlich wäre es auch möglich, die Identifikation/Personalisierung mittels Benutzername und Passwort durchzuführen, doch ist aus datenschutzrechtlichen Gründen auf diesen zusätzlichen Überbau bei der prototypischen Implementierung verzichtet worden. Die Architektur kann Bild 2 entnommen werden.

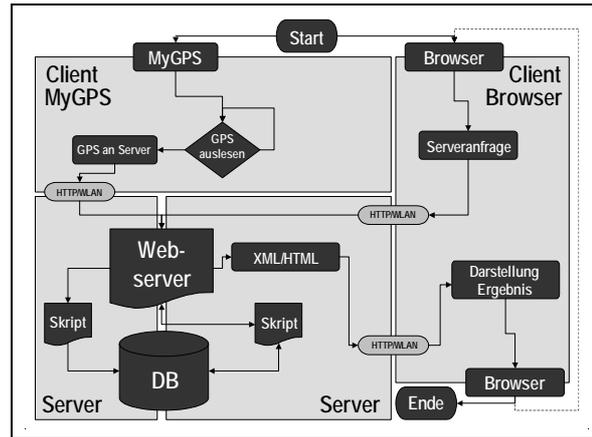


Bild 2 Architektur

3.3 Implementierung

3.3.1 Client

Die obigen Ausführungen deuten es bereits an, dass der Client als eigenständiges Programm realisiert worden ist. Die Aufgaben lassen sich wie folgt zusammenfassen: Die vom GPS-Empfänger gelieferten Daten werden an der seriellen Schnittstelle abgegriffen. Aus dem Datenstrom werden die benötigten Werte extrahiert und anschließend an den Server übermittelt.

Dem GPS-Datenstrom liegt das NMEA 0183 Format [16] zugrunde und er enthält neben der eigentlichen Positionsangabe noch weitere Informationen (z. B. Satellitenpositionen, Systemzeit, etc.).

Die Übermittlung der Daten an den Server ist mit HTTP realisiert worden. Hierzu sendet der Client einen HTTP-Request, in dem die Positionsdaten als „*Variable=Wert*“-Paare HTTP-POST-codiert übermittelt werden. Ein derartiger Request sieht dabei wie folgt aus:

```
POST /inputDB.php HTTP/1.1
Content-Type: application/x-www
form-urlencoded
Content-Length: 25
Expect: 100-continue
Connection: Keep-Alive
Host: www.meinserver.de

xGPS=49.00995&yGPS=8.4126
```

Bild 3 HTTP-Request für Positionsübermittlung

Die URL und die Namen der Variablen sind dabei frei wählbar, so dass eine Anpassung des Programms an veränderte Situationen leicht möglich ist. Das Intervall, mit dem die Daten periodisch an den Server übermittelt werden, ist ebenfalls frei wählbar. Bild 4 zeigt die Benutzerschnittstellen für diese beiden wichtigsten Funktionen des Programms (Positionsdaten auslesen und diese an Server schicken).

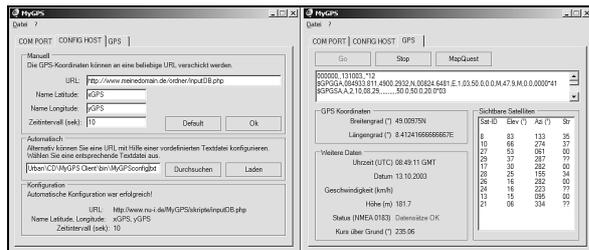


Bild 4 MyGPS Client

Der Client ist in Visual Basic .NET implementiert worden. Zum Auslesen der Daten von der seriellen Schnittstelle ist auf hardwarenahe Win32-API Aufrufe zurückgegriffen worden.

3.3.2 Server

Der Server hat im Wesentlichen zwei Aufgaben:

1. Entgegennahme der Positionsangaben vom *MyGPS*-Client und Speichern der Koordinaten zusammen mit der dazugehörigen IP-Adresse.
2. Entgegennahme der Webbrowseranfrage und Generierung dynamischer Webseiten in Abhängigkeit von IP-Adresse und Benutzerstandort.

Beide Aufgaben erfordern den Einsatz von serverseitigen Skripten, welche die Clientanfragen bearbeiten. Das Skript zum ersten Punkt nimmt dabei nicht nur die Aufgabe wahr, die Daten zu speichern, sondern es transformiert vorher die Positionsdaten in das verwendete Koordinatensystem.

Eine Koordinatentransformation wird aufgrund der Tatsache notwendig, dass die vom Client gelieferten GPS-Koordinaten auf einem anderen Koordinatensystem (WGS-84) basieren als die Gebäudekoordinaten des Campus (Bessel). Ebenso müssen geodätische Länge und Breite (Grad, Minuten, Sekunden) in metrische Angaben überführt werden (Gauss-Krüger-Koordinaten). Erst danach können die Standortdaten zusammen mit der IP-Adresse des Clients in die Datenablage abgelegt werden (vergleiche [2]).

Schickt der Webbrowser des Benutzers eine Anfrage zu einer Seite, so kommt ein zweites Skript zum Einsatz. Dieses liest zunächst abhängig von der IP-Adresse des anfragenden Clients die aktuellen Positionsdaten aus der Datenbank und generiert im Anschluss eine Webseite mit Informationen über die zum Standort des Benutzers am nächsten gelegenen Gebäude. Inhalte beschränken sich derzeit auf Text- und Bilddaten, können aber durch beliebige weitere relevante Informationen ergänzt werden.

Bei der Bestimmung des nächsten Gebäudes wird das euklidische Distanzmaß verwendet, welches den Abstand zwischen zwei Punkten $\vec{x} = (x, y)$ und $\vec{u} = (u, v)$ wie folgt definiert:

$$d(\vec{x}, \vec{u}) = \sqrt{(x-u)^2 + (y-v)^2}$$

Für die Implementierung ist die Skriptsprache PHP verwendet worden. Die Gebäudedaten und die Standortinformationen der jeweiligen Benutzer werden in einer relationalen Datenbank (MySQL) abgelegt. Bildinformationen liegen auf dem Dateisystem des Servers bereit. Aus diesen Daten werden HTML-Seiten generiert, die von jedem Standardbrowser angezeigt werden können (siehe Bild 5).

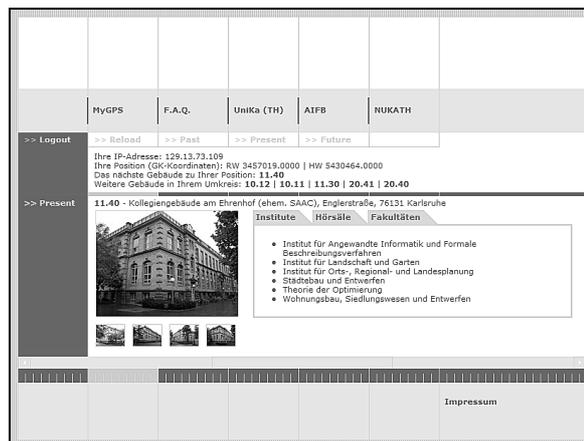


Bild 5 Browserdarstellung

4 Fazit und Ausblick

Der in diesem Beitrag vorgestellte Prototyp eines ortsbasierten Dienstes zeigt, dass die Nutzung existierender Webstandards und die Verknüpfung von WLAN, GPS und Standardgeräten einen gangbaren Weg darstellen. Ob dies für das Massengeschäft eine taugliche Strategie darstellt, können nur weitere Tests zeigen und wird von vielen Faktoren abhängen, deren Bedeutung derzeit nicht absehbar ist.

Für einen drahtlos vernetzten Universitätscampus liegen gleichwohl die Vorteile auf der Hand. Der hohe Verbreitungsgrad an Notebooks unter Studierenden spricht für die weitere Verfolgung der skizzierten Idee. Daneben macht es Sinn, den *MyGPS*-Client auf andere Plattformen zu portieren und das System für PDAs zu öffnen. Kleine und handliche Geräte erweisen sich für den mobilen Einsatz in vielen Anwendungssituationen als vorteilhaft. In dem Ausgangsszenario für die Entwicklung des Prototyps, dem virtuellen Stadtzugang, sind jedoch ausreichend große Displays unabdingbar.

5 Literatur

- [1] Zipf, A.; Strobl, J.: Geoinformation mobil. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2002
- [2] Richter, U.: Location-based Services – Zugang zu Informationsräumen über mobile Netze. Dip-

- lomarbeit, Institut AIFB, Universität Karlsruhe (TH), 2003
- [3] Weiser, M.: The Computer for the 21st Century. Scientific American, Vol. 265, No. 3, September 1991, S. 94-104
 - [4] Schilit, B. N.; Theimer, M. M.: Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts. IEEE network, Vol. 8, No. 5, 1994, S. 22-32
 - [5] UMTS Forum: Report No. 13 – The UMTS Third Generation Market – Phase II: Structuring the Service Revenue Opportunities. London, 2001, S. 35ff
 - [6] Koeppel, I.: What are Location Services – From a GIS Perspective, 2002,
<http://www.jlocationsservices.com/LBSArticles/ESRI.What%20are%20LS%20Whitepaper.pdf>,
Abruf am 5.3.2004
 - [7] Lehner, F.: Mobile und drahtlose Informationssysteme – Technologien, Anwendungen, Märkte. 1. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2003
 - [8] Fritz, A.: Positionsabhängiger Zugriff auf WWW-Inhalte. Diplomarbeit, Fakultät für Informatik, Universität Stuttgart, 1999
 - [9] Roth, J.: Mobile Computing – Grundlagen, Technik, Konzepte. 1. Auflage, dpunkt.verlag, Heidelberg, 2002
 - [10] Bauer, M.: Vermessung und Ortung mit Satelliten – GPS und andere satellitengestützte Navigationssysteme. 5., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2003
 - [11] Rossbach, G. (Hrsg.): Mobile Internet – Deutscher Internet-Kongress, Karlsruhe, 2001, dpunkt.verlag, Heidelberg, 2001
 - [12] <http://www.nukath.uni-karlsruhe.de/>
 - [13] <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/>
 - [14] <http://www.ifib.uni-karlsruhe.de/>
 - [15] <http://www.netzentwurf.de/>
 - [16] <http://www.kowoma.de/gps/zusatzerklaerungen/NMEA.htm>