

# Mobile Location Based Gaming als Wegbereiter für Location Based Services (LBS)

## IV: Neue Zugangs- und Interaktionstechniken im mobilen Umfeld

Jörg Lonthoff<sup>1</sup> und Thomas Leiber<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Darmstadt  
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik I  
Entwicklung von Anwendungssystemen  
Hochschulstraße 1 – 64289 Darmstadt  
Lonthoff@winf.tu-darmstadt.de

<sup>2</sup> T-Systems International GmbH  
Am Kavalleriesand 3 – 64295 Darmstadt  
Thomas.Leiber@t-systems.com

**Zusammenfassung:** Location Based Services sind seit Anfang der 1990er im Gespräch. Den großen Durchbruch haben LBS bisher aber noch nicht erzielt. Ein Lösungsansatz hierzu heißt „Mobile Location Based Gaming“ (MLBG). Hierbei wird der Spieltrieb des Menschen zur Schaffung von Akzeptanz von LBS ausgenutzt. In diesem Beitrag wird MLBG eingeführt und ein realisiertes mobiles ortsabhängiges Abenteuerspiel („Mobile Hunters“) vorgestellt, das die derzeit vorhandene Mobilfunk-Infrastruktur nutzt, um ein virtuelles Spielfeld zu erzeugen, das wiederum auf die reale Welt abgebildet wird. Diese Form des Spielens, bei der die virtuelle Welt eines Spiels auf die reale Welt abgebildet wird, erscheint zunächst als etwas befremdlich, erweist sich jedoch, wie in diesem Beitrag gezeigt, als ein hilfreicher Schritt in Richtung kontextbasierter Mehrwertdienste.

## 1 Einleitung

### 1.1 Motivation

Im Zuge der Mobilisierung des Internets über verschiedene Übertragungstechniken, die einen breitbandigen Datenaustausch ermöglichen, sind Mobilfunkanbieter daran interessiert Dienste anzubieten, die über die herkömmliche Telefonie hinausgehen. Gerade im Hinblick auf Peer-to-Peer Techniken zur Übertragung von IP-basierten Sprachpaketen sind die Infrastrukturanbieter auf der Suche nach neuen Mehrwertdiensten.

Zukünftig wird es Dienste geben, die zunehmend die aktuelle Umgebung von Nutzern und deren momentanen Zustand in ihr Angebotsspektrum mit einbeziehen. Dieser Einbezug von Kontextvariablen ermöglicht maßgeschneiderte Dienstangebote, die dem Nutzer die richtigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort zur Verfügung stellen (Individualisierung).

Da derzeit ca. 80% der in Deutschland lebenden Personen ein mobiles Endgerät besitzen, das sich in das GSM-Netz einbuchen und den Dienst „Sprachtelefonie“ nutzen kann und

zumindest in Europa das GSM-Mobilfunknetz nahezu flächendeckend vorhanden ist, bietet sich die Kontextvariable „Ort“ für die Erweiterung entsprechender Mehrwertdienste an. Aktuelle Handys unterstützen GPRS, haben ein Farbdisplay und sind zumeist Java-fähig. Damit sind die geräteseitigen Voraussetzungen zur Erreichung eines Massenmarktes erfüllt.

Aufgrund dieser Prämisse lassen sich Dienstideen für Location Based Services (LBS) realisieren, die auch bereits bei Mobilfunkanbietern zum Einsatz kommen. So findet man bspw. Dienste um Freunde in der Umgebung zu finden (Buddy Alert von Mobiloco – <http://www.mobiloco.de>) oder ein mobiles Navigationssystem für das Handy (NaviGate von T-Mobile – <http://www.t-mobile.de/navigate>).

## 1.2 Problemstellung und Lösungsansatz

Den großen Durchbruch haben ortsbasierte Dienste bisher noch nicht erzielt. Das liegt zum einen an den bisher noch nicht marktgerechten Preisen für Lokationsanfragen beim Mobilfunkanbieter. Zum anderen ist die Akzeptanz solcher Dienste ein zentrales Problem für LBS [Bo05, S. 36].

Der Lösungsansatz, der in diesem Beitrag vorgestellt wird, nutzt den Spieltrieb des Menschen zur Schaffung von Akzeptanz, indem spielerisch die Hemmschwelle zur Nutzung von LBS gesenkt und das Bedürfnis an LBS geweckt wird. Die Aussteller der Mobilfunkbranche auf der CeBIT 2004 und 2005 haben durch ihr auffällig großes Angebot an mobilen Spielen (Handy Spiele) demonstriert, dass ein Massenmarkt für solche Spiele vorhanden ist. Wenn dieser Massenmarkt bedient werden kann, führt dies auch zur Senkung der Preise für Lokationsanfragen. Damit wäre ein zweites zentrales Problem gelöst.

Das Fachgebiet Wirtschaftsinformatik I der TU Darmstadt hat mit Unterstützung von T-Systems International GmbH und dem Zentralbereich Innovation der Deutschen Telekom AG ein Spiel („Mobile Hunters“) entwickelt, welches die Möglichkeiten von LBS demonstriert. Dieses Spiel nutzt die derzeit vorhandene Infrastruktur von Mobilfunkanbietern aus, um ein beliebiges virtuelles Spielfeld zu erzeugen. Dieses Spielfeld wird dann auf die reale Welt abgebildet, sodass sich Nutzer bei einem zentralen Spieleserver anmelden und miteinander spielen können. Im Mittelpunkt steht sowohl die Kommunikation der mobilen Endgeräte der Nutzer mit einem zentralen Serversystem als auch die Kommunikation dieses Servers mit einem Lokationsserver, der die aktuellen Lokationsdaten aus den Mobilfunknetzen extrahiert. Dazu wurde ein Java-basiertes Programm für ein Siemens SX1 Smartphone entwickelt, welches über GPRS im ständigen Kontakt mit dem Spieleserver steht, der das Spiel steuert.

Ziel des Spiels ist es, einen flüchtenden Mitspieler zu fangen, der sich ebenso bei der entsprechenden Spielesession angemeldet hat und sich auf dem Spielfeld befindet. Dabei können mehrere Spieler in die Rolle des „Jägers“ schlüpfen. Einige Regeln, die zusätzlich zur Lokation eingeführt werden, erschweren es den „Jägern“ jedoch, den Flüchtenden zu fangen.

### 1.3 Vorgehensweise

In diesem Beitrag wird zunächst der aktuelle Forschungsstand auf dem Themengebiet zusammengefasst. Dann wird „Mobile Location Based Gaming“ (MLBG) eingeführt und das konkrete Spiel, sowie das Softwaresystem in der aktuellen Ausbaustufe vorgestellt. Die Erkenntnisse aus der Erprobung des Spiels werden anschließend diskutiert. Im Ausblick werden weitere Ausbaustufen beschrieben.

## 2 Related Work

### 2.1 Location Based Services (LBS)

Das „Neue“ bzw. „Innovative“ an mobilen Diensten ist die Möglichkeit, eine für den Dienstanbieter neue Dimension des Anwenders zu erschließen: seine raum-zeitliche Position. Diese Art von Diensten nennt man Location Based Services. LBS basieren dabei auf verschiedenen Lokalisierungsmethoden, um die Position eines Anwenders zu bestimmen. Im Umfeld des so genannten „Context-Aware Computing“ [SAW94, S. 85] liefern LBS Ortsinformationen als Kontextbezug [De01]. Dabei gibt es verschiedene Verwendungsmöglichkeiten für den Ortsbezug in ein Anwendungssystem.

In [Mo04] werden LBS aus der Praxis heraus wie folgt klassifiziert:

#### *Location Based Information*

Dieser Anwendungsfall liefert dem Anwender ortsbezogene Informationen, z. B. das nächstgelegene Restaurant.

#### *Location Based Billing*

Durch die Möglichkeit der Abbildung von räumlichen Zonen können z. B. Mobilfunkanbieter verschiedene Gesprächsgebühren verlangen. Eine erste Dienstausrüstung dieser Gattung wurde von Viag Intercom (jetzt O<sup>2</sup>) mit dem Genion-Tarif angeboten. Dabei kann der Teilnehmer eine Homezone definieren, in der die Gespräche zu üblichen Festnetz-Ortsgesprächspreisen geführt werden.

#### *Emergency Services*

Hierbei handelt es sich um Notfalldienste, bei denen ein möglichst genauer Aufenthaltsort eines Anwenders übermittelt werden soll. In diesem Umfeld gibt es in den USA seit Oktober 2001 die Richtlinie E911, die besagt, dass jeder Telefonanruf aus einem beliebigen Telefonnetz im Falle eines Notrufs positioniert werden kann. In der EU gibt es die entsprechende Richtlinie E112 [RM03, S. 61].

#### *Tracking*

Hierbei wird die Position des Anwenders über die Zeit mitverfolgt. Ein möglicher Einsatzzweck ist die Verbesserung des M-Commerce. Da durch das Tracking immer genauere Benutzerprofile abgeleitet werden können, kann Werbung viel präziser an die „richtigen“ Adressaten gerichtet bzw. die Suche nach einem Restaurant schon durch das Benutzerprofil verfeinert werden [RM03, S. 62]. Eine andere Verwendungsmöglichkeit besteht darin,

besorgten Eltern, den Aufenthaltsort ihre Kinder zu berichten, um sie bspw. vor kriminellen Handlungen zu schützen [RM03, S. 64].

Richter, Bonn und Schmeck [RBS04] nehmen eine andere Einteilung vor. Sie unterscheiden die Anwendungsfälle zunächst nach den Beteiligten in B2C und B2B. Als mögliche LBS für den B2C-Bereich nennen sie exemplarisch erweiterte Yellow-Pages, Reise- und Tourismusassistenten, Herz-/Kreislaufüberwachung und Jugend-/Lifestyle-Dienste. In ihrer Arbeit haben sie fünf Hauptfunktionen von LBS identifiziert: Ortung von Personen und Objekten, Suchanfragen bzgl. der näheren Umgebung (Wo ist das nächste Hotel?), Routing bzw. Navigation (Wie komme ich von A nach B?), Verkehrshinweise (Stau, Sperrungen etc.) und Werbung.

Allen diesen Diensten liegt ein Mobile Positioning zugrunde. Dabei fasst Mobile Positioning die Technologien zur Lokationsbestimmung von mobilen Endgeräten zusammen [Mo04]. Dies ist also die technische Sicht auf LBS.

Für die Art der Positionsbestimmung gibt es zunächst zwei Varianten, die netzwerkbasierte Technologie und die terminalbasierte Technologie.

#### *Netzwerkbasierter Technologien*

Auf der Basis der GSM-Netze gibt es im wesentlichen folgende verschiedene Methoden der Lokalisation, die hier ansatzweise vorgestellt werden[Rö02]:

*Cell of Origin (COO)* ist die einfachste Ortsbestimmung. Hier wird die Funkzelle (Cell) bzw. die Basisstation, in der sich ein Benutzer aufhält, identifiziert. Hierbei wird eine Positionsgenauigkeit in Abhängigkeit von der Größe einer Funkzelle erreicht, also ca. 50 m bis 35 km.

*Angle of Arrival (AOA)* benutzt zwei Funkzellen, die jeweils die Richtung des eintreffenden Funksignals der Mobilfunkeinheit bestimmen. Durch diese „Kreuzpeilung“ lässt sich der Standort des Geräts auf ca. 120 m genau bestimmen, vor allem dann, wenn sich der Anrufer nahe bei den Funkstationen befindet. Ein Problem stellt die Reflexion der Funkwellen an Bergen und Gebäuden dar.

*Time Difference of Arrival (TDOA)* konstruiert aus den Laufzeitdifferenzen von Funksignalen zweier Stationen eine Hyperbel um eine Basisstation. Auf dieser Hyperbel muss sich das Funkgerät folglich aufhalten. Durch die Einbeziehung einer dritten Station lässt sich dann der Aufenthaltsort mit einer Genauigkeit von ca. 50 m bestimmen.

*Time of Arrival (TOA)* bestimmt statt der Differenz der Laufzeit die tatsächliche Laufzeit von Funksignalen. Bei zwei Basisstationen, die die Signale des Funkgeräts empfangen, lässt sich damit der Aufenthaltsort auf zwei mögliche Punkte genau bestimmen; bei drei Basisstationen wird der Standort eindeutig. In der Regel wird hierbei eine Positionsgenauigkeit von ca. 150 m erreicht.

*RadioCamera System* nutzt die Eigenschaft aus, dass jede von einem bestimmten Ort ausgesendete Funkwelle ein typisches Muster aufweist. Zur Lokalisation wird das Muster von der empfangenden Basisstation mit den gespeicherten Mustern aus einer Datenbank abgeglichen (Location Pattern Matching). Da die Entstehungsorte der abgespeicherten Muster bekannt sind, kann auch für das neue Signal die Herkunft bestimmt werden. Damit

eignet sich das Verfahren besonders in Städten, wo andere Verfahren Probleme aufgrund von Reflexionen hoher Wände haben.

*Signal Attenuation (SA)* misst statt der Laufzeit der Funksignale die Signalstärke. Da die Stärke durch Hindernisse und Witterung stark schwankt, ist diese Lokalisierungsmethode sehr ungenau und liefert eine Genauigkeit von bestenfalls 300 m.

### *Terminalbasierte Technologien*

*Cell of Origin* ist auch als ein terminalbasiertes Verfahren anzusehen, da die jeweilige Cell-Id direkt aus dem Endgerät (Terminal) ausgelesen werden kann. Hierzu ist allerdings eine Referenzdatenbank notwendig, welche die zu den jeweiligen Cell-Ids gespeicherten Geokoordinaten enthält.

*Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)* ist eine Ortungsmethode, bei der die mobile Einheit die Lokalisierung selbst vornimmt. Sie misst die Zeitdifferenz von Funksignalen, die von drei Basisstationen an das Gerät gesendet werden. Durch die Zeitunterschiede lässt sich die Position wie im TDOA mit einer Genauigkeit von etwa 50 Metern bestimmen.

*Satellitentechnologien* sind mit dem Global Positioning System (GPS) als einem militärischen, amerikanischen, nicht-terrestrischen Ortungssystem vertreten. Es bietet eine recht exakte Positionsbestimmung (etwa zw. 5 und 50 Meter) auch in Gebieten ohne jegliche Infrastruktur. Assisted-GPS (A-GPS) benutzt – ähnlich wie TOA – die Zeit, um die Distanz zu einem Satelliten zu messen. Sobald die Distanz zu drei Satelliten bekannt ist, kann die exakte Position des Anwenders bestimmt werden. Dieses Verfahren ist auch als Triangulation bekannt. Das System ist ohne Modifikation des Mobilfunknetzes einsatzbereit, allerdings muss das mobile Endgerät über einen GPS-Empfänger verfügen. Neben GPS gibt es noch Inmarsat und in Zukunft das europäische Galileo.

Ein grundlegender Überblick zum Thema LBS findet sich in [SV04]. Dabei stellen orts-basierte Spiele ein weiteres Anwendungsgebiet dar. Dieser Anwendungszweig basiert auf den Grundlagen mobiler Spiele in Kombination mit unterschiedlichen Formen der Orts-abhängigkeit.

## **2.2 Mobile Gaming**

Ein besonderes Wachstum aufgrund hoher Nachfrage erleben aktuell mobile Spiele für das Handy. So konnte man einen Massenandrang auf Handy-Spiele auf der CeBIT 2004 und 2005 beobachten. Dabei geht der Trend zu aufwändigeren 3D-Spielen. Diese Entwicklung geht mit der aktuellen Hardware-Entwicklung leistungsstärkerer Mobiltelefone bzw. Smartphones einher. Dies wird auch durch die zunehmende 3D Unterstützung von J2ME und deren Verbreitung auf mobilen Endgeräten begünstigt.

Ein anderer Bereich sind Spiele für einen PDA (Handheld). Hierbei handelt es sich meist um Spiele für einen Mitspieler. Unter Einbeziehung von Infrarot, Bluetooth oder WLAN sind auch Mehrbenutzerspiele denkbar.

Im Bereich der mobilen Spiele für das Handy oder Smartphone ist die direkte Kommunikationsmöglichkeit mit entfernten Teilnehmern besonders interessant (Multiplayer-Games).

Hier werden Mehrbenutzerspiele angeboten, die über ein WAP-Portal oder im Nahbereich zu zweit (Infrarot) oder zu mehreren (Bluetooth) gespielt werden können.

Ein Entwicklungszweig von mobilen Spielen entsteht durch die Einbeziehung der Ortsinformation des Spielers. Diese Kategorie wird in Kapitel 3 vertieft, da dies der gewählte Ansatz für das in diesem Beitrag vorgestellte Spiel ist.

### 2.3 Location Based Games

Location Based Games sind Spiele, bei denen die Bewegungen der Mitspieler (im Sinne einer geografischen Ortsveränderung der Person) Einfluss auf das Spiel haben [NPM01, S. 61]. So wird die virtuelle Spielfigur bspw. bei einer Verfolgungsjagd, in die Richtung laufen, in der sich der reale Mitspieler in der physischen Welt bewegt. Bei einer anderen Spieleart wird der Mitspieler aufgefordert, einen bestimmten Ort aufzusuchen, um bspw. einen Hinweis auf einen versteckten Schatz zu bekommen.

In der Arbeit von Nicklas, Pfisterer und Mitschang wird eine Klassifikation von Location Based Games vorgenommen [NPM01, S. 61-62]. Dort unterscheiden die Autoren die drei Spielklassen: *Mobile Games*, *Location Aware Games* und *Spatially Aware Games*.

*Mobile Games* sind Spiele, die als Ortsbezug nur einen weiteren Mitspieler benötigen, der sich in der Umgebung befindet. Die Ortsinformation selbst wird nicht in das Spiel mit einbezogen. Ein typischer Vertreter dieser Spielart ist „Snake“, ein von Nokia bei älteren Handymodellen mitgeliefertes Geschicklichkeitsspiel, welches per Infrarot oder Bluetooth zu zweit gespielt werden kann.

*Location Aware Games* sind Spiele, bei denen die Ortsinformation des Spielers mit in den Spielablauf einbezogen wird. Ein typischer Vertreter ist z. B. eine Schatzsuche, bei der ein Mitspieler einen bestimmten Ort erreichen muss.

*Spatially Aware Games* sind Spiele, bei denen die Umgebung der realen Welt auf das Spiel übertragen wird. Hierbei entsteht eine Verbindung zwischen der realen und der virtuellen Welt. Das im Folgenden vorgestellte MLBG „Mobile Hunters“ ist in diesen Bereich einzuordnen.

## 3 Mobile Location Based Gaming

In diesem Abschnitt wird der Begriff Mobile Location Based Gaming definiert und von anderen Bereichen abgegrenzt. Die besonderen Herausforderungen bei der Konzeptionierung von MLBG werden herausgestellt.

### 3.1 Definition und Abgrenzung

Eine spezielle Kategorie der Location Based Games stellen die Mobile Location Based Games (MLBG) dar.

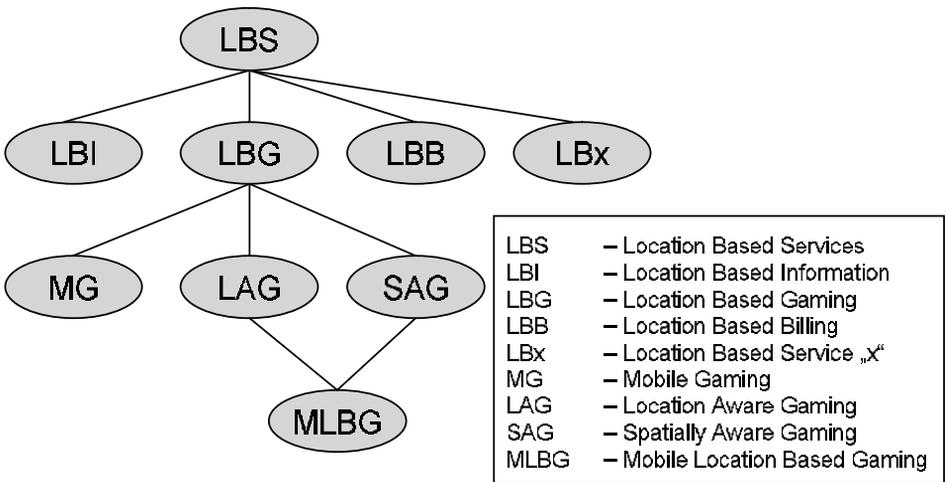
Im Umfeld des Mobile Computing unterscheidet Roth drei Arten von Mobilität [Ro02, S. 7]: *Endgerätemobilität*, *Benutzermobilität* und *Dienstmobilität*. Bei der Endgerätemobilität werden Anforderungen an ein mobiles Endgerät gestellt. Die Benutzermobilität wird

durch einen mobilen Benutzer erreicht, und die Dienstmobilität ist gegeben, wenn ein Dienst unabhängig von einem bestimmten Ort benutzt werden kann.

Im Bereich der MLBG soll „mobil“ so verstanden werden, dass sowohl der Anwender, als auch sein Endgerät, das er zum Spielen benötigt, mobil sind. Um eine zentrale Steuerung des Spielablaufs zu ermöglichen, muss auch eine (kontinuierliche) Kommunikation mit einem Spieleserver garantiert werden, um den Dienst (Spiel) zu nutzen. Nach Roth müssen also alle drei Mobilitätsarten erfüllt sein.

**DEFINITION MLBG:** *Ein MLBG ist ein ortsbasiertes Spiel, das auf einem mobilen Endgerät lauffähig ist und durch die Nutzung eines Kommunikationskanals Informationen mit einem Spieleserver oder Mitspielern austauschen kann.*

Nach dieser Definition sind die Felder Location Aware Games und Spatially Aware Games relevant. Abbildung 1 fasst die relevanten Begriffe des MLBG in Form einer Taxonomie zusammen.



**Abbildung 1:** Taxonomie für Location Based Services

Im Internet sind einige Spielesammlungen zu finden, bei denen MLBGs mit aufgeführt sind (z. B. [Ep04; St04; Tr05]). Dort wird in Handy-basierte Spiele, Handheld/PDA-basierte Spiele und andere unterschieden.

Typische Vertreter solcher MLBGs sind:

*Botfighters* von It's Alive – It's Alive bezeichnet dieses Spiel als das erste "Massive Multi-player Location-based Game". Es wurde 2000 in Schweden entwickelt. Bei diesem Spiel befindet man sich virtuell im Jahr 2015, wobei der Spieler gegen ein korruptes Regime kämpfen muss. Dazu finden Wettkämpfe auf den realen Straßen statt, man kann Feinde mit dem Handy abschießen, wenn sie in Reichweite sind. Dieses Spiel hat keine Laufzeitbeschränkung, sondern der Spieler wird im Sinne eines Rollenspiels Teil einer Community.

Diese Community ist Web-basiert. Dort können Waffen erworben und der eigene Spielcharakter weiterentwickelt werden. Dieses Spiel erfreut sich hoher Popularität in Schweden, China und Russland. (<http://www.boffighters.com/> – Handy, GSM, SMS, J2ME, PC)

*Treasure Hunt* von Treasure Hunt Mobile – Dieses Spiel ist eine Kombination aus Schatzsuche und Kampf. Um den Schatz, der virtuell versteckt ist, zu finden, müssen Fragen korrekt beantwortet werden. Dabei ist jede Frage auch ein Hinweis auf die Lokation des Schatzes. Der Spieler muss sich dann zu den jeweiligen Orten bewegen. (<http://www.playtreasurehunt.com/> – Handy/PDA, J2ME, GPS)

*Supafly* von It's Alive – Dieses Spiel ist eine mobile Online-Soap-Opera. Ein virtueller Charakter begleitet den Spieler auf dem Handy, wenn der Spieler unterwegs ist, und auf dem PC, während der Spieler Zuhause ist. Als täglicher Begleiter kann man der virtuellen Person „Sachen“, wie z. B. Kleidung einkaufen, man kann Verabredungen arrangieren und Freunde finden. Ziel ist es, in seiner Umgebung berühmt zu werden. (<http://www.itsalive.com/supafly> – Handy/PC, WAP/J2ME, SMS/MMS)

*Seamful Game* von Englands Equator Projekt – Dieses Spiel ist ein teamorientiertes Sammelspiel. Auf dem PDA eines Mitspielers wird ein Kartenausschnitt seiner aktuellen Umgebung angezeigt. In dieser Umgebung sind Münzen angeordnet, die der Mitspieler auf sammeln kann. Gesammelte Münzen können von Mitspielern, wenn sie in der Nähe sind, gestohlen werden. Die Lokation ist WLAN- und GPS-basiert. Die Position des Spielers ist der bekannte Standort eines in einer Datenbank eingetragenen WLAN-Hotspots. Die Positionsgenauigkeit wird mit 20-25m angegeben. Durch dynamische Aufnahme neuer WLAN-Hotspots wächst das Spielfeld und die Positionsgenauigkeit [Bo05, S. 39]. (PDA, .net, WLAN, GPS)

### 3.2 Eigenschaften

Grundlegend für MLBG sind die Art des verwendeten Endgeräts, die zugrunde liegende Kommunikations- und Netzwerkinfrastruktur, die Art der Positionsbestimmung und die Art des Spiels.

Bei den verwendbaren Endgeräten kommen Handys, Smartphones und PDAs in Frage. Evtl. ist ein Laptop auch mit zu berücksichtigen. Nach dieser groben Klassifikation kann anhand der Geräteeigenschaften weiter unterschieden werden in Betriebssystem, Client-Programmierung (JavaVM, Web-Client/WAP-Client), die Art der zur Verfügung stehenden Benutzerschnittstellen sowie Akkulaufzeiten und Prozessorleistung.

Als Kommunikationsmedien sind Weitverkehrsnetze, wie WLAN, GSM und UMTS relevant. Diese Technologien unterscheiden sich in Reichweiten und Bandbreiten.

Für die Art der Positionsbestimmung gibt es für MLBG die in Abschnitt beschriebenen Verfahren. Dabei ist die Positionsgenauigkeit abhängig vom jeweils verwendeten Verfahren sowie von der Struktur des Netzwerkes.

Bei der Unterscheidung der Spielart sind zunächst zwei Dimensionen zu berücksichtigen. Einerseits die Anzahl der Spieler und andererseits das Spielgenre. Es gibt Single-Player-Games und Multiplayer-Games. Multiplayer-Games können auch alleine gespielt werden,

wenn Mitspieler simuliert werden. Eine Besonderheit stellen Massive-Multiplayer-Games dar, bei dieser Spielform gibt es kein definiertes Ende des Spiels. Mitspieler können zeitweise aktiv am Spiel teilnehmen und ihr Ranking in der zum Spiel assoziierten Community verbessern. Als relevante Spielgenres kommen Rollenspiele, Geländespiele, Echtzeit-Strategiespiele und Ego-Shooter in Frage.

### 3.3 Herausforderungen

Eine wesentliche Herausforderung von MLBG ist die Problematik der Übertragbarkeit „klassischer“ Spiele in den MLBG-Fall. Nicklas et al. Haben in ihrer Arbeit vier zentrale Problembereiche für die Übertragung von Brettspielen in den MLBG-Fall identifiziert [NPM01, S. 62]. Die Ergebnisse fasst Tabelle 1 zusammen.

Brettspiel-Element	MLBG-Element
Brettspiel mit diskreten Spielfeldern	Virtuelle Spielfelder als Erweiterung der kontinuierlichen physischen Welt
Spielfiguren	Spieler
Karten bzw. Gegenstände	Virtuelle Karten bzw. Gegenstände
Rundenbasiertes Spiel	Echtzeit-Spiel

**Tabelle 1:** Basis-Abbildung in Anlehnung an [NPM01, S. 62]

#### *Abbildung des Spielfeldes*

Bei dem Brettspiel gibt es klar abgegrenzte, diskrete Spielfelder. Die reale Welt hingegen ist kontinuierlich. Hier muss eine Abbildung im Sinne eines virtuellen Spielfeldes als Erweiterung der realen Welt erfolgen. Die unscharfen Abgrenzungen von virtuellen Spielfeldern erweisen sich dabei als problematisch. Auf Mobilfunkzellenebene gibt es beispielsweise starke Überlappungen von Zellen oder gar Zellen, die vollständig in anderen Zellen enthalten sind. Auf die Problematik der Funkzellenstruktur wird in Kapitel näher eingegangen.

#### *Abbildung der Spielfiguren*

Spielfiguren oder Gegenstände, die in den Spielzügen der Brettspiele bewegt werden, sind im MLBG-Fall die realen Spieler, die sich in ihrer Umgebung bewegen. Eine Besonderheit dabei ist, dass sich eine Spielfigur im MLBG-Fall schlecht „einsperren“ lässt, also jederzeit in Bewegung sein kann. Hier müssen also Spielrunden oder ein kurzzeitiges Aussetzen anders geregelt werden.

#### *Abbildung von Karten bzw. Gegenständen*

Die Karten bzw. Gegenstände, die im Brettspiel aufgenommen werden können, sind auf die virtuelle Welt übertragbar, indem virtuelle Karten bzw. virtuelle Gegenstände aufgenommen werden können.

#### *Abbildung von Spielzügen*

Brettspiele sind rundenbasierte Spiele. Ein Spielzug erfolgt diskret nach einem anderen. Im MLBG-Fall kann diese Restriktion nicht erfüllt werden, da ein Mitspieler nicht einfach so für eine Runde bewegungslos ist. Daher muss das Spielkonzept so ausgelegt werden, dass das MLBG in Echtzeit spielbar ist.

Bei dieser Abbildung von einem „klassischen“ Spiel in ein ortsabhängiges mobiles Spiel muss sehr fein darauf geachtet werden, dass der Spielwitz erhalten bleibt und die Spieldauer angemessen ist. Bei Spielen sind die beobachtbaren „Hype-Phasen“ im Vergleich zu anderen Dienstangeboten sehr kurz. Wird das Spiel einmal als langweilig oder gar fehleranfällig empfunden, wird das Spiel nicht mehr akzeptiert.

Das faszinierende an MLBG ist: “This ability for you to actually use your real world movements to play the game means that you are no more playing a game... You are in the Game!” [Mi04].

Eine andere Herausforderung ergibt sich aus den Eigenschaften mobiler Netzwerke. Im MLBG muss mit kurzzeitigen Verbindungsabbrüchen einzelner Mitspieler gerechnet werden. Diese Verbindungsabbrüche müssen abgefangen werden, z. B. durch ein zentral geführtes Session-Management.

## 4 Entwicklung von „Mobile Hunters“

Das MLBG „Mobile Hunters“ entstand in einer Kooperation zwischen dem Fachgebiet Wirtschaftsinformatik I der TU Darmstadt und der T-Systems International GmbH. Im Rahmen des Wirtschaftsinformatikpraktikums im Wintersemester 2004/05 haben acht Studenten die Spielidee konzipiert und das Spiel „Mobile Hunters“ implementiert.

Dabei konnte das Team auf eine Forschungs- und Entwicklungsplattform, der T-Systems, dem PPGW zugreifen. Der PPGW ist als Location Brokerage Plattform entwickelt worden, der verschiedene Lokationsquellen (Cell-Id, WLAN, A-GPS, RFID) aggregiert und diese Informationen über eine einheitliche Schnittstelle Dienst Anbietern zur Verfügung stellt. Zusätzlich werden hier die Einverständniserklärungen der Nutzer zentral administriert, die den einzelnen Diensten die Erlaubnis (Permission) zur Lokationserhebung gegeben haben. Bei jeder Lokationsanfrage eines Dienstes wird also vorher die Berechtigung geprüft.

Anfänglich sollte das bekannte Brettspiel „Scotland Yard“ [Ra83] umgesetzt werden. Probleme mit der Auflösung der Rundenbasierung in ein Echtzeit-Spiel und Probleme bei der Unterscheidung der Fortbewegungsmittel veranlassten das Team, eine sehr starke Modifikation des Spielkonzepts vorzunehmen.

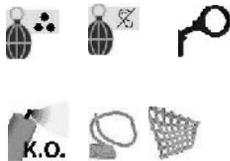
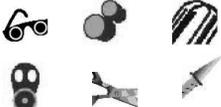
### 4.1 Das Spiel

Das Spiel ist als ein Multiplayer-Game konzipiert und erstellt worden. Es müssen also mindestens zwei Personen daran teilnehmen, um eine entsprechende Spelesession eröffnen zu können. Im Spiel existieren zwei Rollen: Jäger und Flüchtender. Die Jäger haben das Ziel, den Flüchtenden vor Ablauf einer Spieldauer von einer halben Stunde zu verhaften. Der Flüchtende muss jeweils den Jägern entkommen oder seine Unschuld durch Aufsammeln

von drei Unschuldsbeweisen belegen. In einem Spiel gibt es genau einen Flüchtenden und mindestens einen Jäger.

Eine Person kann ein Spiel anlegen, nachdem sie sich mit Benutzername und Passwort beim Mobile Hunters-Server authentifiziert bzw. angemeldet hat. Ist ein Spiel angelegt, können diesem weitere Personen als Mitspieler beitreten. Die Person, die das Spiel angelegt hat, entscheidet, wann sich ausreichend viele Mitspieler gefunden haben und startet das Spiel. Die Maximalanzahl der Mitspieler kann eingestellt werden.

Ist das Spiel gestartet, übernimmt der Spieleserver zunächst eine zufällige Rollenverteilung und teilt den Mitspielern mit, ob sie Jäger oder Flüchtender sind. Weiterhin verteilt der Spieleserver bei Spielstart alle Gegenstände für Jäger und Flüchtenden nach einem Zufallsprinzip auf dem Spielfeld. Nach diesem Initialisierungsprozess beginnt das Spiel synchron auf allen beteiligten Clients, und der Countdown von 30 Minuten läuft. Alle drei Minuten erscheint die aktuelle Position des Flüchtenden eingebettet in eine Straßenkarte auf den Displays der Jäger. Auf dem Spielfeld sind verschlossene (virtuelle) Kisten verteilt, die von den Spielern geöffnet werden können, wenn sie sich in der gleichen GSM-Funkzelle (Cell-Id) bzw. im gleichen Abstrahlungsbereich eines Funkmastes wie die Kiste befinden. Es gibt Kisten, die nur für die Jäger sichtbar sind. Diese Kisten enthalten Angriffswaffen. Der Flüchtende sieht nur Kisten, die Gegenstände für ihn erhalten. Dies sind Abwehrgegenstände und Unschuldsbeweise. Tabelle 1 Liefert eine Übersicht der verschiedenen Gegenstände.

Empfänger	Typ	Ausprägung	Zweck
Jäger	Angriff		Der Jäger kann in den Kisten Angriffsgegenstände finden, die er zum Angriff des Flüchtenden benötigt oder für den Angriff eines anderen Jägers verwenden kann, um ihn für einen gewissen Zeitraum handlungsunfähig zu machen (z. B. Handschellen).
Flüchtender	Beweis		Der Flüchtende kann in den Kisten Beweise für seine Unschuld finden (z. B. eine Theaterkarte).
Flüchtender	Abwehr		Der Flüchtende kann Abwehrgegenstände zur Abwehr von Angriffen der Jäger finden (z. B. Büroklammer zur Abwehr der Handschelle).

**Tabelle 2:** Übersicht der Gegenstände für Mitspieler

Ein Angriff kann dann erfolgen, wenn sich die Mitspieler im gleichen Abstrahlungsbe-  
reich einer Funkzelle befinden und der Angreifer eine Waffe besitzt. Greift ein Jäger einen  
anderen Jäger an, wird der Angegriffene für 30 Sekunden handlungsunfähig, indem das  
Menü seines Clients ausgeblendet wird. Bei diesem Angriff verliert der Angreifer seine  
Waffe. Greift ein Jäger den Flüchtenden an, kann sich der Flüchtende mit einem entspre-  
chenden Abwehrgegenstand wehren. In diesem Fall ist der Angreifer für 30 Sekunden  
handlungsunfähig. Konnte sich der Flüchtende nicht wehren, dann hat der angreifende  
Jäger gewonnen.

Der Flüchtende kann das Spiel gewinnen, indem er entweder 3 Unschuldsbeweise in den  
Kisten findet oder innerhalb der Spieldauer nicht verhaftet wird.

## 4.2 Grundlegende Entwurfsentscheidungen

Um die Akzeptanz des Spieles zu erleichtern, wurden nur solche Technologien in die  
Entwicklung von „Mobile Hunters“ verwendet, die bereits akzeptiert und weit verbreitet  
sind, oder deren Verbreitung relativ wahrscheinlich ist.

Um ein möglichst breites Einsatzfeld zu gewährleisten, wurde auf das GSM-Mobilfunknetz  
zurückgegriffen, welches derzeit die weiteste Verbreitung findet [NPM01, S. 61]. Bei der  
Wahl des Endgerätes wurde auf den Einsatz zusätzlicher Hardware (z. B. GPS Empfänger)  
verzichtet und ein Java-fähiges Handy (Siemens SX1) als „Spielgerät“ ausgewählt.

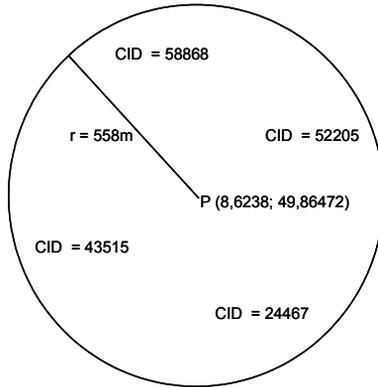
Für die Wahl des Positionierungsverfahrens war es essentiell, dass nur auf die vorhandene  
Infrastruktur zurückgegriffen wird, ohne daran Modifikationen vorzunehmen. Daher wur-  
de das Cell of Origin (COO)-Verfahren genutzt. Bei diesem Verfahren wird die Cell-Id, in  
die das Handy eingebucht ist, ausgewertet. Eine Mobilfunkstation hat einen Abstrahlungs-  
bereich mit dem Radius ( $r$ ) um die Position ( $P$ ) eines Mobilfunkmasten. Dabei wird die  
geografische Position ( $P$ ) im World Geodetic System 1984 (WGS84)-Format angegeben.  
Ein Abstrahlungsbereich kann mehrere Zellen (Cell-Ids) beinhalten, hat dabei aber immer  
die gleiche geografische Position ( $P$ ). In Abbildung 2 ist ein solcher Abstrahlungsbereich  
eines Funkmasten in Darmstadt zu sehen.

Die Abbildung von virtueller und realer Welt wurde durch die positionsabhängige Übertra-  
gung der relevanten Kartenausschnitte (Stadtplan) des Spielfeldes auf den Client erreicht.

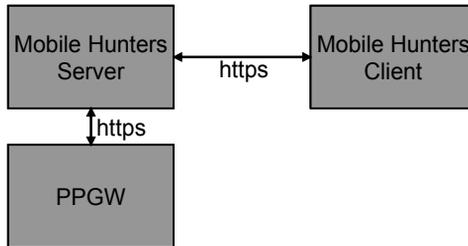
## 4.3 Mobile Hunters-Architektur

Die Realisierung des Szenarios beruht auf einer Client/Server-Architektur. Die Kommuni-  
kation der einzelnen Komponenten erfolgt über das GSM-Netzwerk des deutschen Mobil-  
funkanbieters T-Mobile. Als Übertragungstechnik wurde GPRS gewählt, wobei hier auf  
Applikationsebene via https kommuniziert wird. Zur Bestimmung der jeweils aktuellen  
Standorte der Mitspieler erfolgte eine Anbindung an den PPGW (vgl. 4) bei T-Systems.  
Der PPGW beliefert den Mobile Hunters-Server auch mit entsprechenden Straßenkarten  
der jeweils gewünschten Umgebung.

Folgende Grafik zeigt eine schematische Darstellung der Gesamtarchitektur:



**Abbildung 2:** Abstrahlungsbereich eines T-Mobile GSM Funkmastes in Darmstadt



**Abbildung 3:** Gesamtarchitektur

#### 4.4 Mobile Hunters-Client

Der Mobile Hunters-Client ist die Benutzerschnittstelle für das Spiel. Hier werden die jeweils aktuellen Kartenausschnitte dargestellt, und es erfolgt die Interaktion mit dem Mitspieler. Über den Mobile Hunters-Client können sich die Mitspieler zudem beim Server registrieren und anmelden.

Der Mobile Hunters-Client ist derzeit nur auf einem Siemens SX1 Smartphone lauffähig. Er benutzt sowohl das J2ME Framework als auch Funktionen des Betriebssystems Symbian OS (Symbian C++). Um das Spiel in der derzeitigen Implementierung ausführen zu können, wird die Cell-Id benötigt, bei der das Endgerät eingebucht ist. Diese werden durch eine in Symbian C++ implementierte Klasse ausgelesen und dem Mobile Hunters-Server zur Verfügung gestellt, der den aktuellen Status alle 30 Sekunden abfragt. Die dafür benötigte WAP IP-Adresse wird dem Server durch die Java Applikation zu Beginn des Spiels mitgeteilt.

#### 4.5 Mobile Hunters-Server

Der Mobile Hunters-Server hat die Aufgabe, das Spiel zentral zu steuern. Hier erfolgt die Identifikation und Authentifizierung der Benutzer, läuft die Spiellogik ab und es erfolgt die Kommunikation mit dem PPGW und den Clients.



**Abbildung 4:** Mobile Hunters-Client auf Siemens SX1

Der Server wurde in Java als Apache Tomcat-Applikation implementiert und mit einer Anbindung an einen Microsoft SQL Server über JDBC/ODBC versehen. Dadurch ist eine klare Trennung zwischen Applikations- und Datenebene gegeben. Der Server stellt auch die Verbindung zum PPGW her, um dort die Geodaten der jeweils aktuell im Spiel verwendeten Cell-Ids abzufragen. Dazu existiert beim PPGW eine Referenzdatenbank worin die entsprechenden Geo-Referenzdaten zu den Cell-Ids gespeichert sind. Der Mobile Hunters-Server fragt also via https mit der Cell-Id als Requestparameter die dazugehörigen Geo-Informationen ab. Diese werden über eine XML-basierte Schnittstelle vom PPGW zurück geliefert.

## 5 Lessons Learned

Die Übertragung des Spielkonzepts in die virtuelle Welt erwies sich aufgrund der ungenauen Positionsbestimmung als problematisch. Zellwechsel treten auch dann auf, wenn ein Spieler sich nicht bewegt, weil sich bspw. mehrere Mobilfunkteilnehmer in einer Zelle eingeloggt haben und aufgrund von Bandbreitenbeschränkungen bzw. -optimierungen Nachbarfunkzellen dazugeschaltet werden.

Funkzellen haben unterschiedliche Größen. Sie decken im Ballungsraum einen Radius von ca. 25 m ab, während in ländlichen Gebieten ein Radius um die 35 km erreicht werden kann. Die in der Literatur beschriebene homogene Struktur des Mobilfunknetzes in sechseckige Waben kommt in der Praxis nicht vor. Die radialen Abstrahlbereiche einzelner Zellen überschneiden sich mit Abstrahlbereichen anderer Funkzellen. Große Funkzellen überdecken teilweise kleinere Funkzellen nahezu vollständig. Hier gilt es noch zu überlegen, ab welcher Größe diese Funkzellen vom Spiel ausgeschlossen werden können.

Es kommt häufig vor, dass zwei Spieler in der realen Welt direkt nebeneinander stehen, ihre Endgeräte aber in unterschiedlichen Zellen eingebucht sind. Eine weitere Komplexi-



Abbildung 5: T-Mobile-Funkzellen im Stadtbereich Darmstadt

tätsstufe kommt hinzu, wenn solche Spiele Mobilfunkanbieterübergreifend implementiert werden.

Das Spiel „Mobile Hunters“ eignet sich in Ballungsräumen zum Spielen, da hier die Ungenauigkeit der Positionsbestimmung dem Spiel noch angemessen ist. Die zuvor beschriebenen Effekte des Cell-Hoppings können, positiv formuliert, als eine Zufallskomponente in das Spiel mit einbezogen werden. Am Stadtrandgebiet oder in ländlichen Gebieten ist das Spiel mit der derzeitigen Positionsbestimmung schon aufgrund der Zellengröße untauglich.

Ein erster Lösungsansatz, um die Effekte bei der Nutzung der Cell-Ids zu beherrschen, ist der Einbezug aller Cell-Ids, die das Handy empfängt. Dann können Positionen gepuffert und Informationen über Nachbarfunkzellen mit ausgewertet werden. Eine weitreichendere Lösung ist die Umstellung auf genauere Positionierungsverfahren. Ein interessantes Gebiet eröffnet sich den Mobilfunkanbietern durch A-GPS.

Auch die ursprünglich geplante und letztendlich auch gewählte Spieldauer von 30 Minuten ist für einen sinnvollen Spieldurchlauf zu kurz. Eine fehlende Absprachemöglichkeit der Jäger untereinander erschwert den gesamten Spielfluss. Wenn die Jäger untereinander kommunizieren könnten, hätten sie Gelegenheit strategisch zu handeln. Dies würde das Spiel noch interessanter gestalten. Dabei kann die Kommunikation der Jäger untereinander

der mittels Instant Messaging oder einfach SMS ermöglicht werden. Push-to-Talk oder Sprachtelefonie wären für diesen Fall auch möglich.

Auf dem Client fällt auf, dass die Programmabarbeitung sehr lange dauert. Der Client reagiert träge. Trotz manueller und automatischer Code-Optimierung wurde keine signifikante Beschleunigung des Programmablaufs erreicht. Man musste erkennen, dass die Prozessorleistung (120 Mhz ARM-Prozessor) des Siemens SX1 für dieses J2ME-Programm zu gering war. Aktuelle Handy-Modelle haben eine höhere Leistung.

Dies sind aber lediglich Usability-Überlegungen, die letztendlich bei einer professionellen Spielimplementierung zu berücksichtigen sind. Einzig das Handling von Verbindungsabbrüchen bzw. Sessionhandling dürfte noch einige interessante Anforderung für die Weiterentwicklung eines solchen Spielszenarios in dieser Ausprägung bieten.

## 6 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es dem Team ansatzweise gelungen ist, die reale Welt auf die virtuelle Welt des Spiels abzubilden. Es gab allerdings einige Hürden, die es zu überwinden galt. Die Cell-Id lässt sich aus verschiedenen Endgeräten mit unterschiedlichen Techniken auslesen. Es existiert jedoch niemals eine Standard-API, die eine solche Funktionalität bereitstellt. Die Endgerätehersteller haben allerdings kein Interesse daran, eine solche API freizugeben, da diese als Handelsgut vertrieben werden kann und daher einen zusätzlichen Wertbeitrag liefert. Potenzielle Spielehersteller müssen sich also für jedes Endgerät eine eigene API „basteln“, um eine möglichst große Verbreitung des Spiels zu gewährleisten.

In der derzeitigen Implementierung wurden auch nur die Informationen eines einzelnen Mobilfunkanbieters berücksichtigt. Weitere Probleme können auftreten, wenn Mitspieler aus unterschiedlichen Netzwerken mit jeweils eigener Topografie an dem Spiel teilnehmen. Dies wird ein zukünftiger Untersuchungsgegenstand weiterer Aktivitäten auf diesem Gebiet sein. Weiterhin wird die Integration von A-GPS in entsprechende Spielsituationen implementiert und getestet.

Der Mobile Hunters-Server kann zu einem Enabling Dienst weiterentwickelt werden, der in der Lage ist, potenziellen Spieleherstellern von Mobile Location Based Games generalisierbare Funktionalitäten anzubieten, die für die Implementierung solcher Spiele notwendig sind. Die Verbesserung des Session-Handlings und der Optimierung der Client/Server-Struktur sind dabei ergänzende Maßnahmen.

Ein weiterer Schwerpunkt wird die Dynamisierung der initialen Spielfelder sein. Derzeit existiert lediglich ein Spielfeld in Darmstadt. Zusätzlich wird der Einsatz unterschiedlichen Kartenmaterials (Vectorgraphiken, Ortofotos, 3D Stadtmodelle) getestet. Ein weiterer Link könnte sich zum an der Universität Stuttgart entwickelten Nexus Projekt ([www.nexus.uni-stuttgart.de](http://www.nexus.uni-stuttgart.de)) ergeben, bei dem die Abbildung der realen Welt auf ontologisch geordnete Objekte einer virtuellen Welt angestrebt wird. Dabei kann das Mobile Location Based Gaming um verschiedene Kontextparameter ergänzt und zum Mobile Context Based Gaming als nächste Evolutionsstufe weiterentwickelt werden.

Die Erfahrungen aus dem Spiele-Umfeld lassen sich schließlich auf private und berufliche Lebenssituationen übertragen. Daraus können für die tägliche Lebenspraxis möglicherweise völlig neue Anwendungssysteme erfunden und umgesetzt werden. Damit meint Anwendungssystem die ganzheitliche Sicht zur Behandlung der Konstruktionsaufgaben in der anwender- und rechnerunterstützten Informationsverarbeitung [Or05, S. 34]. Auch auf diesem Gebiet werden am Fachgebiet Wirtschaftsinformatik I neue Aktivitäten anlaufen.

## Akronymverzeichnis

.net	Microsoft Entwicklungsplattform und -strategie
CID	Cell-ID
https	Hypertext Transfer Protocol Secure
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
J2ME	Java 2 Micro Edition
MMS	Multimedia Message Service
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistant
RFID	Radio Frequency Identification
SMS	Short Message Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WAP	Wireless Application Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network

## Literatur

- [Bo05] Borriello, Gaetano, et al. (2005): Delivering real-world ubiquitous location systems. In: *Commun. ACM*, 3/2005, S. 36-41.
- [De01] Dey, Anind K. (2001): Understanding and Using Context. In: *Personal and Ubiquitous Computing*, 1/2001, S. 4-7.
- [Ep04] Epiphany, Shibuya (2004): Location-based Mobile Phone Games. In: [http://www.smartmobs.com/archive/2004/12/28/locationbased\\_.html](http://www.smartmobs.com/archive/2004/12/28/locationbased_.html), Abruf am 18.04.05, 28.12.04.
- [Mi04] Mikoishi (2004): gunslingers. In: <http://www.gunslingers.mikoishi.com>, Abruf am 19.04.05, 2004.
- [Mo04] MobileIN.com (2004): Location-based Services, [http://www.mobilein.com/location\\_based\\_services.htm](http://www.mobilein.com/location_based_services.htm), Abgerufen am 20.04.05, 2004.
- [NPM01] Nicklas, Daniela; Pfisterer, Christoph; Mitschang, Bernhard (2001): Towards Location-based Games. In: *Proceedings of the International Conference on Applications and Development of Computer Games in the 21st Century: ADCOG 21*, Hongkong Special Administrative Region, China, 2001, S. 61-67.

- [Or05] Ortner, Erich (2005): Sprachbasierte Informatk – Wie man mit Wörtern die Cyber-Welt bewegt, EAGLE-Verlag, Leipzig, 2005.
- [Ra83] Ravensburger (1983): Scotland Yard, Ravensburg, 1983.
- [RBS04] Richter, Urban; Bonn, Matthias; Schmeck, Helmut (2004): Location-based Services: Konkurrenz durch lizenzfreie Alternativen. In: VDE Kongress 2004, Berlin, Offenbach, 2004, S. 65-70.
- [RM03] Rao, Bharat; Minakakis, Louis (2003): Evolution of mobile location-based services. In: Commun. ACM, 12/2003, S. 61-65.
- [Ro02] Roth, J. (2002): Mobile Computing: Grundlagen, Technik, Konzepte, 1. Auflage, dpunkt.verlag, Heidelberg, 2002.
- [Rö02] Röttger-Gerigk, S. (2002): Lokalisierungsmethoden. In: Gora, W.; Röttger-Gerigk, S. (Hrsg.): Handbuch Mobile-Commerce. Springer: Berlin, 2002, S.419-426.
- [SAW94] Schilit, Bill; Adams, Norman; Want, Roy (1994): Context-Aware Computing Applications. In: Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Santa Cruz, 1994, S. 85-90.
- [St04] Struppeck, Mjriam (2004): Computergames and Urban perception. In: <http://www.we-make-money-not-art.com/archives/001653.php>, Abruf am 18.04.05, 08.07.04.
- [SV04] Schiller, Jochen H.; Voisard, Agnès (2004): Location-based services. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 2004.
- [Tr05] Treasure Hunt (2005): Location-based mobile phone games. In: [http://www.in-duce.net/archives/locationbased\\_mobile\\_phone\\_games.php](http://www.in-duce.net/archives/locationbased_mobile_phone_games.php), Abruf am 18.04.05, 2005.