



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Studienarbeit

Möglichkeiten ortsabhängiger Interaktionen
auf Basis mobiler Endgeräte

vorgelegt von

Sven Oliver Friedburg

am 19. Mai 2005

Studiengang Softwaretechnik

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Kai von Luck

Fachbereich Elektrotechnik und Informatik
Department of Electrical Engineering and Computer Science

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Motivation	4
1.2	Gliederung	5
2	Beispielszenario Ferienclub	6
2.1	Ankunft eines Gastes	6
2.2	Profilierung des Gastes	7
2.3	Veranstaltungskalender	7
2.3.1	Persönliche Kategorisierung	8
2.3.2	Spontane Veranstaltungsvorschläge	9
2.4	Navigation innerhalb des Ferienclubs	10
2.5	Auffinden anderer Gäste	10
2.6	Mobiltelefon als Schlüssel	11
2.7	Statistiken für den Betreiber	11
3	Ansätze für eine Realisierung	13
3.1	Drahtlose Netzwerke	13
3.1.1	Mobilfunknetze	13
3.1.2	Drahtlose lokale Netzwerke	18
3.1.2.1	IEEE 802.11	20
3.1.2.2	HIPERLAN	21
3.1.2.3	HomeRF	22
3.1.2.4	Wireless ATM	23
3.1.2.5	Bluetooth	24
3.1.2.6	IrDA	25
3.2	Positionsbestimmung	27
3.2.1	Satellitennavigation	27
3.2.2	Netzwerkgestützte Positionsbestimmung	31
3.3	Mobile Endgeräte	34
3.3.1	Individuelle Applikationen	35
3.3.1.1	Betriebssysteme	36

3.3.1.2	Darstellungsmöglichkeiten und Bedienbarkeit	38
3.3.2	Netzwerkintegration	39
3.3.3	Positionsermittlung	40
3.3.4	Physische Eigenschaften	42
4	Fazit und Ausblick	44
	Literaturverzeichnis	49

1 Einleitung

1.1 Motivation

Durch die rapide Weiterentwicklung der Hardware und der technischen Möglichkeiten für eine schnelle Datenübertragung bei gleichzeitigem Verfall der Kosten wird das Mobiltelefon in der heutigen Zeit nicht mehr nur zur reinen Kommunikation genutzt. Moderne Geräte ermöglichen die Verarbeitung komplexer digitaler Medien und stellen dem Benutzer diverse mehr oder weniger umfangreiche Anwendungen zur Selbstorganisation und zum Entertainment zur Verfügung. Trotz kleiner Abmessungen wird zusätzliche Technik verbaut, so dass der Nutzer nur noch ein einziges Gerät benötigt, um hochwertige Fotos in Druckqualität aufzunehmen, E-Mails zu lesen, Musik zu hören, Internetinhalte anzuschauen, mobile TV-Dienste zu nutzen und vieles mehr. Die große Leistungsfähigkeit solcher im Vergleich kleinen und leichten sog. Smartphones¹ bewirken einen Trend Richtung allgegenwärtiger und universeller Benutzung.

Da sich das Handy längst bei der breiten Masse als ständiger Begleiter etabliert hat, ist die Idee nahe liegend, solche Geräte auch zur Unterstützung der Abläufe sowohl im Arbeitsleben, als auch in der Freizeit eines Benutzers heranzuziehen. Die Vision könnte sein, das gesamte „Werkzeug“ des täglichen Lebens in einem kleinen Gerät zu vereinen, das dann als Kommunikations- und Informationscenter, Geldbörse und Schlüssel dient. Gerade die Tatsache, dass sich der Benutzer zu unterschiedlichen Zeiten an unterschiedlichen Orten aufhält, eröffnet das Anbieten von situations- und positionsabhängigen Diensten, deren Sinnhaftigkeit erst in diesem Moment entsteht. Die Eignung und damit auch die Akzeptanz einzelner Dienste ist aber sicherlich nicht nur vom Aufenthaltsort, sondern zusätzlich von der Person selbst abhängig.

Für Nutzer und Betreiber von Institutionen vielfältiger Art ergeben sich hier Möglichkeiten, den Aufenthalt und die Benutzung zu optimieren, indem herkömmliche Ausweiskarten durch die Verwendung von mobilen Endgeräten ersetzt werden. In dieser Arbeit sollen Möglichkeiten und Technologien recherchiert und betrachtet werden, mit denen solche Szenarien realisiert werden könnten.

¹zu deutsch etwa „schlaues Telefon“, auch Mobile Digital Assistant (MDA)

1.2 Gliederung

In Kapitel 2 wird anhand von Beispielszenarien skizziert, wie ein mobiles Endgerät einen Benutzer bei seinem Aufenthalt in einer eigentlich beliebigen Umgebung unterstützen könnte. Um den Kontext konkreter zu gestalten, wird zur Betrachtung eine weitläufige Ferienclubanlage herangezogen, in der die Gäste während ihres Aufenthaltes diverse Dienste in Anspruch nehmen können.

Kapitel 3 beschäftigt sich mit Ansätzen und grundlegenden Technologien, die als Basis für die Verwirklichung der beschriebenen Anwendungsfälle herangezogen werden könnten. Hier werden im Abschnitt 3.1 drahtlose Netzwerke, im Abschnitt 3.2 Techniken zur Positionsbestimmung und im Abschnitt 3.3 die Eignung mobiler Endgeräte betrachtet.

Eine Kurze Zusammenfassung ist in Kapitel 4 dargelegt.

2 Beispielszenario Ferienclub

Wir betrachten im folgenden Beispielszenario einen fiktiven Ferienclub, der seinen Gästen ein breit gefächertes Freizeit- und Entertainmentangebot offeriert. Einige Angebote sind dabei ohne weitere Kosten für den Gast nutzbar, während für andere zusätzliche Gebühren erhoben werden.

Die Gäste nutzen während ihres Aufenthaltes ihr Handy als „intelligenten“ Clubausweis, d.h. neben der Identifizierung unterstützt dieses sie dabei, ihren Aufenthalt im Ferienclub zu gestalten. Ein Ziel dabei ist es, sowohl Organisation als auch Ablauf des Aufenthaltes für die Gäste zu vereinfachen, indem sie ihr Mobiltelefon als zentrales Instrument benutzen. Auf der anderen Seite profitiert auch der Betreiber des Ferienclubs, indem ihm ermöglicht wird, die Auslastung seiner Angebote zu optimieren, den Ablauf zu automatisieren und zusätzliche Informationen zur Verbesserung des Betriebes zu sammeln.

Das Szenario des Ferienclubs wurde bereits in ähnlicher Art im Kontext mobiler Endgeräte in den Diplomarbeiten von Lübke (2004), Seite 10ff und Bresch (2004), Seite 13ff betrachtet, allerdings hinsichtlich der Thematiken „Sicherheitsarchitektur zur Nutzung von Diensten“ bzw. „Optimierte Anzeige von Daten mittels JavaServerFaces“.

2.1 Ankunft eines Gastes

Beim Einchecken des Gastes wird auf seinem Mobiltelefon die benötigte Software installiert, um die erforderlichen Funktionalitäten für einen „intelligenten“ Clubausweis zur Verfügung zu stellen. Der Gast wurde bereits bei der Buchung seines Aufenthaltes im Ferienclub darüber informiert, welche technischen Anforderungen an das Mobiltelefon gestellt werden. Das Gerät des Gastes erfüllt diese Anforderungen. Wäre dies nicht der Fall gewesen oder würde er sein eigenes Gerät nicht benutzen wollen, hätte er vom Betreiber des Ferienclubs ein gegen Verschmutzung und Feuchtigkeit resistentes Gerät für die Dauer seines Aufenthaltes zur Verfügung gestellt bekommen.

Der Gast erhält eine Einweisung in die neuen den Ferienclub betreffenden Funktionalitäten des Mobiltelefons. Es soll ihm helfen, seine Teilnahme an angebotenen Aktivitäten zu organisieren und evtl. zusätzlich entstehende Kosten zu begleichen. Weiterhin wird ihm mitgeteilt,

dass sein Mobiltelefon gleichzeitig als Schlüssel fungiert, sowohl für das durch den Gast bewohnte Zimmer als auch beim Zutritt in Bereiche des Ferienclubs, in denen zusätzliche Kosten entstehen. Auch können Umkleideschränke mittels des Mobiltelefons verschlossen und entriegelt werden.

2.2 Profilierung des Gastes

Um den Gast möglichst zielgerichtet mit Veranstaltungsangeboten über sein Mobiltelefon zu informieren, wird ihm empfohlen, seine Interessen und einige persönliche Eigenschaften in einem Profil zu hinterlegen. Die vom Ferienclub auf dem Mobiltelefon zur Verfügung gestellte Applikation ermöglicht dem Gast das Anlegen eines solchen Profils, wobei er jederzeit die Möglichkeit hat, dieses nach seinen Wünschen zu ergänzen oder zu aktualisieren.

Zusätzlich hat der Gast die Möglichkeit, sich nicht nur aktiv über Veranstaltungen zu informieren, sondern auch automatisch Veranstaltungsvorschläge auf sein Mobiltelefon übermittelt zu bekommen, ohne diese zu diesem Zeitpunkt explizit angefordert zu haben. In diesem Zusammenhang wird dem Gast empfohlen, sein Einverständnis zu einem oder allen folgenden Punkten zu erklären, um so eine weitere Verbesserung der Güte der ihm vorgeschlagenen Angebote zu erreichen.

- Der Betreiber darf die Position des Mobiltelefons und damit den Aufenthaltsort des Gastes innerhalb des Ferienclubs bestimmen und ggf. an andere weitergeben. Durch die Positionsbestimmung ergeben sich auch Möglichkeiten für die Teilnahme an weiteren Dienstangeboten.
- Die Anwendung auf dem Mobiltelefon darf auf dessen Kalender zugreifen, um Termine auszulesen und dort einzutragen. Die verwendeten Informationen beschränken sich darauf, festzustellen, ob in einem bestimmten Zeitintervall bereits Termine vorhanden sind.

Sämtliche Einwilligungen im Kontext der automatischen Unterbreitung von Veranstaltungsvorschlägen können vom Gast mittels der Anwendung auf dem Mobiltelefon zurückgezogen bzw. temporär außer Kraft gesetzt werden.

2.3 Veranstaltungskalender

Nach Installation und Initialisierung der Applikation auf dem Mobiltelefon kann der Gast, solange er sich im Zugangsbereich des lokalen Netzwerkes des Ferienclubs befindet, das geplante Veranstaltungsangebot abrufen.

Um die Übersicht zu behalten, hat er die Möglichkeit, das Angebot nach bestimmten Kriterien zu filtern, kennzeichnen zu lassen oder zu sortieren. Neben Kriterien wie z.B. Veranstaltungszeitpunkt sind auch auf die Person des Gastes abgestimmte Kategorisierungen sinnvoll, die in Abhängigkeit mit den Angaben und Einwilligungen des Gastes (siehe 2.2) stehen. Diese werden im Abschnitt 2.3.1 erläutert.

Des Weiteren ist es dem Gast möglich, detailliertere Informationen zu den einzelnen Veranstaltungen abzurufen und eine Veranstaltung zu buchen, also eine verbindliche Zusage bezüglich seiner Teilnahme abzugeben. Unter der Voraussetzung, dass das Einverständnis des Gastes vorliegt, auf den Kalender seines Mobiltelefons zuzugreifen, wird dort die Veranstaltung als Termin hinterlegt. Für den Fall, dass eine Teilnahme an einer Veranstaltung dem Gast zusätzliche Kosten verursacht, wird dieser darauf hingewiesen. Um den Vorgang der Teilnahmeerklärung abzuschließen begleitet er die Kosten mit Hilfe eines Zahlungsverfahrens mittels seines Mobiltelefons oder er bestätigt die Übernahme der Kosten, so dass diese auf eine Rechnung gesetzt werden, die der Gast bei seiner Abreise oder Verlassen des Ferienclubs begleicht. Bezüglich ePayment sei an dieser Stelle auf die Studienarbeit von Szensny (2005) verwiesen. Einige Veranstaltungen benötigen keine Zusage, weil sie weder dem Gast weitere Kosten verursachen, noch über eine begrenzte oder minimal erforderliche Teilnehmeranzahl verfügen. Auch die Zeiten dieser Veranstaltungen kann der Gast selektiv in seinen Terminkalender eintragen lassen.

Im Veranstaltungskalender erhält der Gast auch Einsicht in die Veranstaltungen, zu denen er bereits eine Zusage abgegeben hat. Hier erhält er ggf. die Möglichkeit, seine Teilnahme an einer Veranstaltung zurückzuziehen.

Der Kalender beinhaltet auch erst grob geplante Veranstaltungen, deren genauer Zeitpunkt noch nicht feststeht oder die mit einer gewissen Spontaneität stattfinden, z.B. weil sie wetterabhängig sind. Für diese kann der Gast festlegen, dass er automatisch informiert wird, sobald die Durchführung der Veranstaltung konkretisiert wird.

2.3.1 Persönliche Kategorisierung

Je konkreter und genauer der Gast sein Profil definiert hat, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, ihm nur für ihn sinnvolle und interessante Vorschläge anzubieten. Die Güte eines Vorschlages kann durch Informationen bezüglich seiner Position innerhalb des Ferienclubs und seiner Kalendereinträge in seinem Mobiltelefon positiv beeinflusst werden. Auch auf Seite des Betreibers des Ferienclubs ergibt sich der Vorteil, dass er gezielt geeignete Teilnehmer für Veranstaltungen akquirieren kann. Es sind also nachfolgende Ursachen denkbar, warum einem Gast gerade ein bestimmter Veranstaltungsvorschlag unterbreitet wird.

- Die Art der Veranstaltung verfügt über ein hohes Matching mit den Interessen des Gastes. Je genauer die Vorlieben und Ansprüche des Gastes getroffen werden, desto wahrscheinlicher wird seine Teilnahme sein. Auch können hier persönliche Eigenschaften des Gastes von Bedeutung sein. Werden z.B. für einen Tanzkurs nur noch männliche Teilnehmer gesucht, macht es wenig Sinn, die Veranstaltung einem weiblichen Gast vorzuschlagen.
- Die Veranstaltung passt in den Zeitplan des Gastes, d.h. es besteht keine Kollision des Zeitfensters der Veranstaltung mit im Kalender des Gastes eingetragenen Terminen. Handelt es sich bei dem bereits eingetragenen Termin auch um eine Veranstaltung des Ferienclubs, könnte ein Vorschlag mit Zeitüberschneidung nur dann unterbreitet werden, wenn er aus Sicht des Gastes über eine bessere Eignung verfügt.
- Es besteht eine günstige räumliche Nähe des Standortes des Gastes zum Veranstaltungsort. Bei einer sehr kurzfristigen Angebotsunterbreitung, z.B. wenn ein andere Gast kurz vor Beginn seine Teilnahme an einer Veranstaltung absagt, ist es bei einer sehr weitläufigen Clubanlage sinnvoll, einen Ersatzteilnehmer zu finden, der sich so dicht am Veranstaltungsort aufhält, dass er diesen noch rechtzeitig erreichen kann.
- Beliebige Kombinationen der bisher aufgeführten Punkte sind denkbar. Im Idealfall fällt eine Veranstaltung in alle drei Kategorien.

2.3.2 Spontane Veranstaltungsvorschläge

Solange die Anwendung auf dem Mobiltelefon des Gastes so konfiguriert ist, dass diesem bei Bedarf Veranstaltungsvorschläge zugesandt werden (siehe 2.2), kann er jederzeit einen solchen Vorschlag erhalten. Der Gast ist also nicht dazu gezwungen, aktiv nach für ihn geeigneten neuen Angeboten im Veranstaltungskalender zu suchen, da er automatisch informiert wird.

Hier spielt die persönliche Kategorisierung der Veranstaltungen (siehe 2.3.1) eine wichtige Rolle. So kann verhindert werden, dass der Gast eine Flut von Vorschlägen erhält, denen er schon grundsätzlich nicht geneigt ist. Er bleibt vor vielleicht störenden Benachrichtigungen mit für ihn wahrscheinlich wertlosem Informationsinhalt verschont. Durch die Gestaltung seines Interessensprofils kann er selbst den Umfang der Benachrichtigungen beeinflussen.

Erhält der Gast einen Vorschlag, kann er diesen ablehnen, seine Teilnahme zusagen oder aber grundsätzliches Interesse bekunden ohne zu diesem Zeitpunkt eine Zusage erteilen zu wollen, indem er vorläufig nicht auf den Vorschlag reagiert. Im letzteren Fall wird der Veranstaltungsvorschlag in einer Favoritenliste des Gastes vorgehalten, so dass er zu einem späteren Zeitpunkt leicht eine Buchung der Veranstaltung vornehmen kann. Sollten im Laufe

der Zeit alle verfügbaren Teilnehmerplätze der Veranstaltung belegt worden sein, wird der Gast darüber informiert und die Veranstaltung aus seiner Favoritenliste entfernt.

2.4 Navigation innerhalb des Ferienclubs

Solange die wenn auch vielleicht nur ungefähre geografische Position des Gastes innerhalb des Ferienclubgeländes bestimmt werden kann, ist es möglich, ihm gezielt Hinweise und Hilfestellungen zu geben, um zu einer anderen Position zu gelangen.

Der Gast kann einen aus einer Liste der relevanten Orte auf dem Gelände auswählen und sich eine Wegbeschreibung anzeigen lassen, wie er auf optimale Weise diesen von seinem Standort aus erreichen kann. Für eine Veranstaltung, für die der Gast als Teilnehmer registriert ist bzw. die in seinem Mobiltelefonkalender als Termin eingetragen ist, kann jederzeit die Entfernung des Aufenthaltsortes des Gastes zum Veranstaltungsort ermittelt werden. So kann er zu genau dem Zeitpunkt eine Erinnerung an den Beginn der Veranstaltung erhalten, dass er den Veranstaltungsort noch pünktlich erreicht, wenn er sich in Kürze auf den Weg macht.

2.5 Auffinden anderer Gäste

Durch die Bestimmung der geografischen Position von Personen auf der Clubanlage wird es dem Gast ermöglicht, den Aufenthaltsort anderer Gäste zu ermitteln, sofern von diesen eine Einwilligung vorliegt.

Zum einen können dies ihm bekannte Personen sein, mit denen er zusammen seinen Urlaub verbringt, wie z.B. Familienmitglieder oder Freunde. Da für die Lokalisierung der Gäste kein aktives Eingreifen ihrerseits erforderlich ist, werden diese zum einen nicht gestört und können zum anderen auch geortet werden, wenn sie gerade nicht in der Lage sind, ihr Mobiltelefon zu bedienen. Eltern können sich so z.B. jederzeit und beliebig oft über den Verbleib ihrer Kinder informieren, ohne dass diese dem direkten Gefühl der Kontrolle ausgesetzt sind, wie es beispielsweise bei ständigen Telefonanrufen der Fall wäre.

Zum anderen wird dem Gast als Service angeboten, andere ihm noch fremde Gäste im Ferienclub zu finden und kennen zu lernen, wenn er sich dort z.B. alleine aufhält und Gleichgesinnte für gemeinsame Aktivitäten sucht. Anhand seines definierten Interessen- und Eigenschaftsprofils (siehe 2.2) kann er nicht nur an Gäste mit ähnlichen Profilen vermittelt werden, sondern diese dann auch gezielt zur Kontaktaufnahme aufsuchen. Ein ähnliches Szenario wurde von Babic (2003) in einer Diplomarbeit über die Entwicklung einer profilverarbei-

tenden ubiquitären Anwendung verwendet, allerdings im Kontext einer Ad-hoc-Vernetzung auf kurze Distanz.

2.6 Mobiltelefon als Schlüssel

Der Gast kann sein Mobiltelefon innerhalb der Ferienclubanlage als Schlüssel benutzen. Ähnlich der in bereits vielen Hotels üblichen Schlüsselkarten öffnet er damit seine Zimmertür, allerdings berührungslos. Bei der Installation der Anwendung auf dem Mobiltelefon wurde diese so konfiguriert, dass ihre Codierung nur die Tür des Zimmers öffnen kann, das der Gast bewohnt. Er löst die Funktion zur Türöffnung aus und wenn sich das Mobiltelefon nahe genug an dem Öffnungsmechanismus befindet, um mit diesem drahtlos in Kontakt zu treten, findet eine zeitweilige Entriegelung der Tür statt. Verlässt der Gast seine Räumlichkeiten, befindet sich die Eingangstür automatisch in einem verriegelten Zustand.

Auf ähnliche Weise erhält der Gast Zutritt oder Zugriff zu Bereichen des Ferienclubs, deren Nutzung er nur für einen bestimmten Zeitraum aufrechterhält. In einigen Fällen kann die Nutzung mit zusätzlichen Kosten verbunden sein, auf deren Anfallen der Gast direkt vor der Nutzung nochmals hingewiesen wird. Diese Kosten kann der Gast sogleich mittels seines Mobiltelefons begleichen. Als Beispiel sei hier die Benutzung eines Umkleideschranks skizziert. Da der Gast sich für bestimmte Aktivitäten auf der Clubanlage seiner normalen Freizeitkleidung entledigen möchte, werden als Service an entsprechenden Stellen Umkleideschränke zur Verfügung gestellt, die von den Gästen mit ihrem Mobiltelefon ver- und entriegelt werden können. Befindet sich ein Gast an einer solchen Stelle bekommt er mit Hilfe der Anwendung auf seinem Telefon eine Liste aller zurzeit nicht belegten Schränke und wählt sich aus dieser einen Schrank aus, deponiert dort seine Kleidung und verschließt den Schrank mittels eines Befehls über sein Telefon. Abgesehen vom Betreiber des Ferienclubs kann dieser Schrank nunmehr nur noch vom Mobiltelefon dieses Gastes geöffnet werden. Sobald er dies tut, steht anschließend der Umkleideschrank wieder zu freien Verfügung.

2.7 Statistiken für den Betreiber

Durch die Möglichkeit der Aufenthaltsortbestimmung der Gäste auf dem Ferienclubgelände wird dem Betreiber nicht nur das Potential eröffnet, positionsgerichtete Dienste anzubieten, sondern diese Daten auch statistisch auszuwerten. Für Veranstaltungsangebote, die keine konkrete Zusage oder Buchung seitens der Gäste erfordern, liegen ihm zunächst keine Informationen über den tatsächlichen Umfang der Teilnahme an diesen Angeboten vor. Mittels einer mehr oder weniger ständigen Erfassung der Position der Gäste kann relativ einfach

protokolliert werden, wie viele Teilnehmer an einer Veranstaltung teilnehmen und ob sie sich die gesamte Dauer dort aufgehalten haben. Auf diese Weise kann der Betreiber Angebote identifizieren, die grundlegend das Interesse der Gäste geweckt haben, aber dann doch nicht deren Erwartungen erfüllen, vielleicht weil die Güte der Veranstaltung an sich oder die Leistung der betreuenden Personen, also seiner Angestellten, nicht ausreichend war. Im Laufe der Zeit lassen sich Areale des gesamten Bereiches des Ferienclubs identifizieren, an denen sich Gäste bevorzugt aufhalten und zu welchen Tageszeiten. All diese Informationen können vom Betreiber verwendet werden, um den Betrieb zu optimieren, das Veranstaltungsangebot zu verbessern und Schwachstellen der Infrastruktur der Clubanlage zu entlarven.

3 Ansätze für eine Realisierung

3.1 Drahtlose Netzwerke

Grundlegende Voraussetzung für die in Kapitel 2 beschriebenen beispielhaften Anwendungsfälle ist, dass entweder im gesamten geografischen Bereich oder zumindest in den relevanten Bereichen der Clubanlage ein zumindest lokales Netzwerk existiert, in das der Gast mittels seines Handys integriert werden kann. Im Weiteren dieses Kapitels werden grundsätzliche Technologien dargestellt, die die Möglichkeit eröffnen, mobile Endgeräte miteinander zu vernetzen bzw. an bestehende Netzwerke anzubinden.

3.1.1 Mobilfunknetze

Durch die eigentliche grundlegende Verwendung von Mobiltelefonen, nämlich die gegenseitige Erreichbarkeit mit anderen Telefonanschlüssen, sind diese bereits in ein zellulARES Mobilfunknetz, auch als PLMN ¹ bezeichnet, integriert. Schnittstellen zu anderen Mobilfunk- und Festnetzen ermöglichen die Kommunikation auch mit Geräten, die nicht Teilnehmer des eigenen Netzwerkes sind. Befindet sich ein Teilnehmer außerhalb der Reichweite seines eigenen Netzwerkes, kann er fremde Netze benutzen (sog. „Roaming“), deren Standard durch sein Endgerät unterstützt wird. Vorteil der Mobilfunknetze ist die bereits weltweit vorhandene Infrastruktur mit meist flächendeckender Versorgung in bewohnten Gebieten.

Ein international etablierter Standard für Mobilfunknetze ist GSM ², auf dessen Basis in Deutschland seit 1992 das voll-digitale mobile Telefonieren bis zum jetzigen Zeitpunkt einer breiten Masse ermöglicht wird. Anfang 2005 versorgten die vier auf dem deutschen Markt tätigen Mobilfunkbetreiber mehr als 73 Mio. Kunden (nach Meldung der Netzbetreiber in GSMSite.de (2005)), weltweit nutzen laut UMTS Forum (2005) 1,2 Billionen Menschen verteilt auf mehr als 600 Netzwerke in über 200 Ländern GSM. GSM-Netze bieten neben der

¹Als Bezeichnung für Mobilfunknetze hat sich in der englischsprachigen Literatur die Abkürzung PLMN für Public Land Mobile Network eingebürgert

²Global System for Mobile Communication

Möglichkeit der Sprachübertragung weitere zusätzliche Dienste wie SMS³ und WAP⁴. Im Zusammenhang mit digitalen GSM-Netzen spricht man von Mobilfunk der zweiten Generation (2G), die in der Entwicklung vorhergehenden analogen Netze werden der ersten Generation zugeordnet.

Im Zuge der Weiterentwicklung der Dienste, die dem Nutzer des Mobilnetzes zur Verfügung gestellt werden, ist die Datenübertragungsgeschwindigkeit von GSM mit 9.600 Bit/s je Kanal nicht mehr zeitgemäß. Aufgesetzt auf der Technik von GSM wurden diverse Erweiterungen entwickelt, um die Datenübertragung zu beschleunigen. Diese Erweiterungen werden häufig als Zwischenstufe zum Mobilfunk der dritten Generation (oft als Phase 2+ oder 2.5G bezeichnet) genannt.

- HSCSD⁵
Steigerung der Datenrate auf 14,4 kBit/s durch bessere Kodierungsverfahren und zusätzlich Möglichkeit der Kanalbündelung. Bei üblichen mobilen Endgeräten mit nur einer Antenne können so bis zu vier Kanäle für eine Verbindung verwendet werden, wobei nicht jeder GSM-Betreiber die Kanalbündelung per HSCSD anbietet.
- GPRS⁶
Im Gegensatz zum leitungsvermittelten Datendienst HSCSD ist GPRS paketorientiert und erlaubt somit eine wesentlich bessere Ausnutzung vorhandener Übertragungskapazitäten bei Anwendungen mit schwankendem Kommunikationsbedarf. Theoretisch möglich ist ein Datendurchsatz von 21,4 kBit/s. Auch hier ist Kanalbündelung als Multiplikator für eine weitere Beschleunigung der Datenrate nutzbar. GPRS wird von vielen Mobilfunknetzbetreibern eingesetzt und ist z.B. in Deutschland flächendeckend verfügbar.
- EDGE⁷
Die Verwendung eines neuen Modulationsverfahrens führt zu einer vielfach verbesserten Datenrate von 48 kBit/s, die durch die Bündelung von Kanälen nochmals multipliziert werden kann. EDGE kann mit den Verfahren HSCSD und GPRS kombiniert werden.

Andere zwar teilweise geographisch weit verbreitete, aber hinsichtlich der Teilnehmerzahl

³Short Message Service, Verschicken von Textnachrichten geringen Umfangs

⁴Wireless Application Protocol, Abruf und Darstellung von Informationsseiten, ähnlich den Seiten im World Wide Web

⁵Abk. für engl. *High Speed Circuit Switched Data*, etwa: schnelle leitungsvermittelte Datenübertragung

⁶Abkürzung für *General Packet Radio Service*, etwa: Allgemeiner paketorientierter Funkdienst

⁷englische Abkürzung für *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*

nicht in dem Maße wie GSM genutzte Mobilfunkstandards der zweiten Generation sind TDMA⁸ gemäß IS-136, CDMA⁹ gemäß IS-95 und PDC¹⁰.

In der heutigen Informationsgesellschaft ist die Übermittlung von Daten zu einem zentralen Aspekt geworden. Da mit einer zunehmenden Mobilität der Menschen zu rechnen ist, und Medien konvergieren, muss die Datenübermittlung zukünftig auch über mobile Endgeräte erfolgen. Die heutigen Technologien sind vornehmlich auf die Übermittlung von Sprache ausgelegt und werden deshalb dem Umfang der zunehmenden Datenübertragung nicht mehr gerecht. Aufgrund dieser Gegebenheiten wird eine neue, leistungsfähigere Mobilfunktechnologie unabdingbar. Darüber hinaus soll der Transport von Daten auf der Grundlage des IP-Protokolls unterstützt werden und so einen funkgestützten Internet-Zugang ermöglichen. Dies soll mit dem Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G) realisiert werden. Um die Anforderungen an die dritte Mobilfunkgeneration bezüglich höherer Datenraten, optimaler Implementierung paketerorientierter Datendienste und der längst überfälligen Realisierung eines weltweiten internationalen Standards zu erfüllen, wurde 1992 von der ITU¹¹ der IMT-2000¹² Standard gegründet. Aufgrund der unterschiedlichen Technologien der einzelnen Mobilfunknetze und um allen Nationen wirtschaftlich entgegenzukommen, gliederte man in IMT-2000 die drei folgenden Einzelstandards für Mobilfunknetze ein:

- CDMA2000
(*Code Division Multiple Access 2000*)
- UWC-136 / EDGE
(*Universal Wireless Communication-136 / Enhanced Data Rates for Global Evolution*)
- W-CDMA / UMTS
(*Wideband Code Division Multiple Access / Universal Mobile Telecommunications Systems*)

Das ermöglicht zwar diversen Netzbetreibern, dass diese ihre zum Teil bereits bestehende Netzstrukturen aus der zweiten Mobilfunkgeneration in die zukünftigen 3G-Netze implementieren können, es wurde jedoch die Chance vergeben, einen weltweiten Standard für IMT-2000 zu etablieren. Die verschiedenen Frequenzen, auf denen der Mobilfunk der dritten Generation arbeitet, erfordern für die Nutzung erneut verschiedene Endgeräte und obwohl die

⁸TDMA steht für *Time Division Multiple Access*, ein Verfahren, bei dem in bestimmten Zeitabschnitten (Time Slots) die Daten (Signale) verschiedener Sender auf einem Kanal übertragen werden

⁹CDMA steht für *Code Division Multiple Access*, ein Verfahren, bei dem die Daten (Signale) mehrerer Quellen oder Sender gleichzeitig auf derselben Frequenz übertragen werden

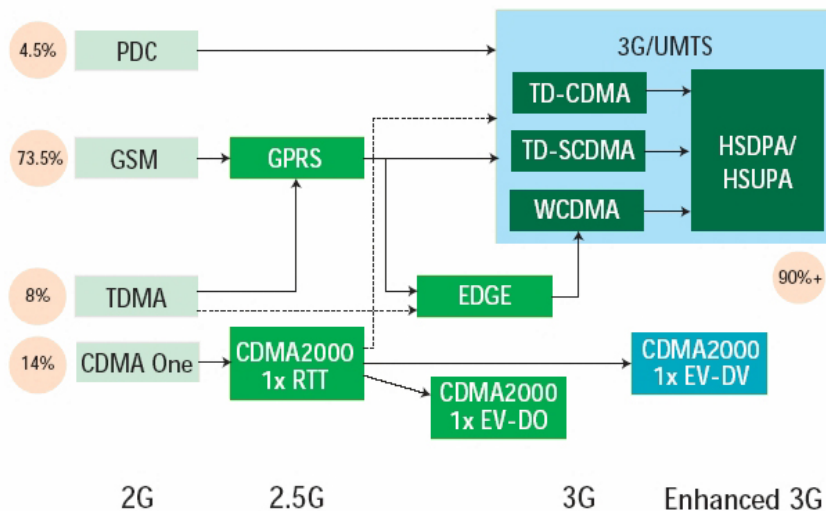
¹⁰Personal Digital Cellular, der Einsatz dieses Standards beschränkt sich auf Japan

¹¹*International Telecommunications Union*, Organisation mit Sitz in Genf, die sich offiziell und weltweit mit technischen Aspekten der Telekommunikation beschäftigt

¹²*International Mobile Telecommunications at 2000MHz*

zugelassenen Standards vom Prinzip her ähnlich sind, werden Kompatibilitätsprobleme erwartet. Die Entwicklungsmöglichkeiten der Mobilfunkstandards der zweiten Generation zum Standard der dritten Generation sind in Abb. 3.1 skizziert. In Europa findet die Umsetzung des Einzelstandards W-CDMA, meistens auch als UMTS bezeichnet, statt.

3G Operator Evolution Options



3G/UMTS offers a logical migratory path from second generation networks for more than 90% of the world's mobile subscribers.

Abbildung 3.1: 3G Operator Evolution Options, Quelle: UMTS Forum (2005)

Jedes Mobilfunknetz ist geographisch in Zellen eingeteilt, wobei jede Zelle von einer eigenen Bodenstation mit Funksignalen versorgt wird. Jede Zelle hat eine bestimmte Kapazität von Kommunikationskanälen. Je kleiner die Zellen geplant werden, umso mehr Zellen, also Bodenstationen mit Antennen und Verarbeitungselektronik, müssen aufgebaut werden. Kleine Zellen bedeuten somit eine größere Netzkapazität aber auch größere Investitionskosten für den Netzbetreiber, da mehr Funkstationen aufgebaut werden müssen.

Neben einer hohen Übertragungsrate soll UMTS auch die Einwahl durch verschiedene Funkzugänge ermöglichen. Dazu ist eine Einteilung des gesamten Versorgungsbereiches in mehrere Zellularebenen vorgesehen (siehe Abb. 3.2), die voneinander unabhängig sind und jeweils ein eigenes Frequenzpaket verwenden.

So sollen verschiedene Verkehrssituationen und Nutzungsszenarien bewältigt werden. Mit einem Endgerät können damit Dienste zuhause, im Büro oder unterwegs genutzt werden (vergl. Hahn (1998)).

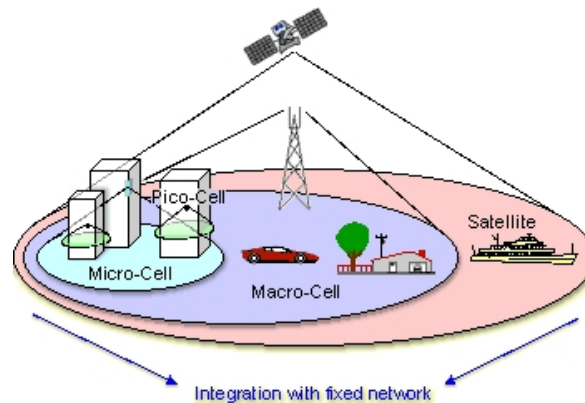


Abbildung 3.2: Hierarchischer Zellaufbau von UMTS

- Pikozenen haben eine Größe von bis zu 100 m und liegen üblicherweise innerhalb von Gebäuden. Unter der Voraussetzung, dass sich ein Teilnehmer nicht schneller als 10 km/h bewegt, sind Datenraten bis 2 MBit/s möglich. Pikozenen bieten sich für sog. *Hot Spots*¹³ an.
- Mikrozenen verfügen über eine Ausdehnung von wenigen Kilometern und bei einer Geschwindigkeit von maximal 120 km/h erlauben sie Datenraten bis 384 kBit/s. Mikrozenen decken Vorstädte oder Bereiche von Städten ab.
- Makrozenen können einen Bereich von einigen 10 km abdecken. Bis zu einer Geschwindigkeit von 500 km/h können Daten mit bis zu 144 kBit/s transportiert werden.
- Noch größere Zellen können von Satelliten abgedeckt werden. Hier sollen bei max. 1000 km/h Datenraten von 144 bis 384 kBit/s erreicht werden.

Durch die enorme Verbesserung der Datenrate innerhalb des Mobilfunkstandards der dritten Generation und auch schon auf dem Weg dorthin (siehe auch Tab. 3.1) eröffnen sich neue

Daten	GSM	Phase 2+ (GPRS)	UMTS
Webseite (9 KB)	8 s	0,6 s	0,04 s
Kleine Textdatei (40 KB)	33 s	3 s	0,2 s
Grosse Textdatei (2 MB)	28 min	2 min	8 s
Videoclip (4 MB)	56 min	5 min	16 s
Film in TV-Qualität (5 GB)	1243 h	104 h	6 h

Tabelle 3.1: Übertragungszeiten unterschiedlicher Mobilfunkgenerationen

¹³Bereiche, in denen sich sehr viele Mobilfunkteilnehmer konzentrieren, also beispielsweise Flughäfen oder Bahnhöfe

Einsatzbereiche für Mobile Endgeräte, die vorher aufgrund eines hohen Datenvolumens nicht oder nur eingeschränkt möglich waren. Die Nutzung von UMTS ist bereits vielfach in Ballungsgebieten möglich, aber da die UMTS-Netze erst in ein paar Jahren die Mobilteilnehmer wirklich flächendeckend versorgen können werden, sind für den Übergang UMTS-Handys nötig, die sowohl UMTS- als auch GSM/GPRS-Dienste durchführen können. In Deutschland werden von den Mobilfunknetzbetreibern UMTS-Dienste wie Internetzugang, mobiles TV, Download von Musiktiteln im mp3¹⁴-Format zum Abspielen auf den mobilen Endgeräten und Videotelefonie bereits angeboten.

Obwohl die Umsetzung der 3G Mobilfunkstandards noch lange nicht abgeschlossen ist, wird bereits im Bereich 4G¹⁵ geforscht und entwickelt, mit der Motivation, noch höhere Datenübertragungsraten (bis zu 100Mbit/s) und bessere Skalierbarkeit zu ermöglichen. Die Technologien sollen vollständig paketvermittelt und alle Netzwerkkomponenten digital sein. Das Verständnis von 4G ist dabei entsprechend der technologischen Kommunikationshistorie regional unterschiedlich. Während in Europa die 4G-Entwicklung als evolutionäres System von integrativen Technologien verstanden wird, setzt in den USA die Entwicklung eher auf WLAN auf (zu WLAN siehe auch Kapitel 3.1.2) und Japan konzentriert sich auf einen ganz neuen mobilen 4G Standard ohne die Integration vorhandener Technologien (Luntovskyy 2003). Weltweit beschäftigen sich zahlreiche Arbeitsgruppen mit der Entwicklung und Förderung von 4G, wie das WWRF¹⁶, die ITU-T/-R Working Group¹⁷, das 4GMF¹⁸ und das 3GPP¹⁹.

3.1.2 Drahtlose lokale Netzwerke

Lokale Netzwerke sind mittlerweile aus der Welt der Computer nicht mehr wegzudenken. Als Alternative zur drahtgebundenen Vernetzung werden zunehmend drahtlose Verfahren eingesetzt, die eine Vernetzung von Computern über Funksignale oder in einigen Fällen auch über Infrarotübertragung ermöglichen. Obwohl die zugrunde liegende Technologie aufwendiger und kostenintensiver ist, beginnt sie sich immer schneller weiterzuentwickeln und durchzusetzen. Die drahtlosen Netzwerkkomponenten sind mittlerweile ausgereift und preislich auch für Privatanwender interessant (Roth 2002).

¹⁴MP3, eigentlich MPEG-1 Audio Layer 3, ist ein weit verbreitetes Dateiformat zur verlustbehafteten Audiokompression

¹⁵4th Generation Mobile Networking

¹⁶*Wireless World Research Forum*, Interessengruppe gegründet durch die Firmen Alcatel, Ericsson, Nokia und Siemens, www.ww-rf.org

¹⁷*International Telecommunication Union*, www.itu.int

¹⁸*Fourth Generation Mobile Forum*, www.4gmf.org

¹⁹*The 3rd Generation Partnership Project*, www.3gpp.org

Durch das Fehlen von Kabeln bei einer Vernetzung werden einige Vorteile erzielt. Der einleuchtendste ist, dass kein Kabel nicht mehr verlegt werden müssen. Zum einen werden Kosten gespart, wobei hier nicht nur das Material, sondern vorrangig der Arbeitsaufwand ins Gewicht fällt. Zum anderen müssen keine Verkabelungen im Vorwege geplant werden, das Netzwerk ist leichter erweiterbar und die teilnehmenden Endgeräte können einfach ihre räumliche Position wechseln, auch wenn sie eigentlich eher stationär benutzt werden. Es können relativ einfach Netzwerke an Orten aufgebaut werden, die nur einer temporären Existenz unterliegen und nach einiger Zeit dort nicht mehr gebraucht werden. Natürlich müssen dafür diverse Nachteile einer drahtlosen Verbindung gegenüber drahtgebundenen Netzen in Kauf genommen werden, wie die meist geringere Bandbreite für die Datenübertragung und eine signifikant höhere Fehlerrate durch eine wesentlich höhere Anfälligkeit gegenüber Störfaktoren. Da Übertragungen leicht „abgehört“ werden können, sind ggf. Mechanismen zur Authentifizierung und Verschlüsselung erforderlich. Im Laufe der Zeit wurde auch die Sicherheit, welche lange als ein Grund gegen drahtlose Netzwerke galt, verbessert, so dass auch dieser Aspekt erfüllt ist.

Der Begriff *Wireless LAN* (Wireless Local Area Network, WLAN) wird häufig auf zwei verschiedene Arten verwendet. Zum einen wird WLAN als Sammelbegriff für alle drahtlosen lokalen Netzwerke verstanden. Zum anderen ist oft ein drahtloses lokales Funknetzwerk gemeint, dass auf einem Standard der IEEE 802.11-Familie basiert. Auf diesen und weitere Standards wird im weiteren Verlauf des Kapitels noch eingegangen.

Man rechnet weiterhin mit starkem Zuwachs von WLAN-Netzwerken. Insbesondere in der Öffentlichkeit sind weitere Hotspots in Zukunft zu erwarten, wie die etwas ältere Prognose für Europa in Abb. 3.3 zeigt. Die damals prognostizierten Werte sind eingetreten oder wurden sogar übertroffen.

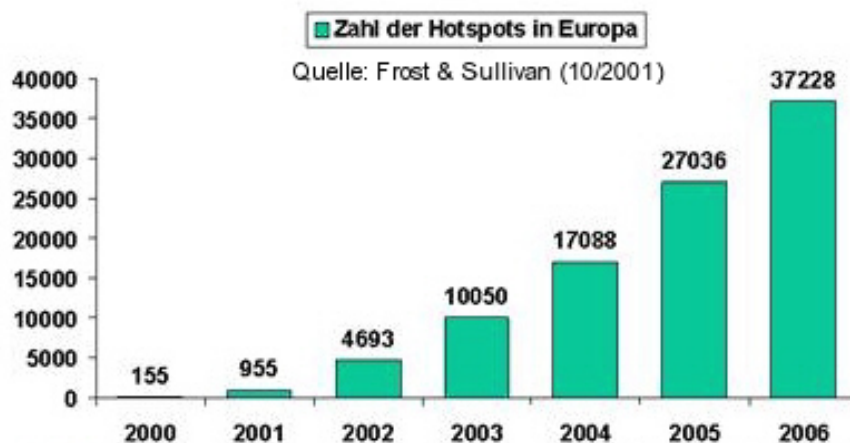


Abbildung 3.3: Prognose öffentlicher WLAN- und Bluetooth-Internetzugänge

Nach ihrem Einsatzzweck und der Reichweite kann man von den lokalen Netzen so genannte *Wireless Personal Area Networks* (WPAN) differenzieren. Sie besitzen meist geringere Reichweiten und Datenübertragungsraten und sollen im Bereich der „persönlichen Zelle“ des Benutzers zum Einsatz kommen. Typische Vertreter dieser Klasse sind die Bluetooth-Technologie, auf die in Abschnitt 3.1.2.5 eingegangen wird, und IrDA (Abschnitt 3.1.2.6). Bei einem typischen WLAN geht man, basierend auf dem heutigen Stand der Technik, von maximalen Übertragungreichweiten zwischen 50 und 100 m aus.

Drahtlose lokale Netze können in zwei unterschiedlichen Konfigurationen realisiert werden, wobei diese auch miteinander kombiniert werden können.

- Die meisten WLANs basieren auf einem *Infrastruktur*-Modus, bei dem eine Basisstation als Zugangspunkt agiert (sog. *Wireless Access Points*). Diese Basisstation koordiniert die einzelnen Netzknoten. Häufig ist diese Basisstation dann auch Mittler in ein weiteres Netz, das sowohl Funknetz als auch ein klassisches Kabelnetz sein kann. Bei Infrastrukturnetzen ist eine direkte Kommunikation zwischen den mobilen Endgeräten nicht vorgesehen, die Basisstation steuert den gesamten Mediengriff und den Zugang zu anderen Netzen.
- Im *Ad-hoc*-Modus ist keine Station besonders ausgezeichnet, sondern alle sind gleichwertig. In solchen Netzen ist zwar ein Datenaustausch einfach möglich, jedoch ist kein gezieltes Routing in externe Netze realisiert. Dafür lassen sich *Ad-Hoc*-Netze schnell und ohne großen Aufwand aufbauen. Diese Art der Konfiguration findet häufig im Bereich der *PLANs* Verwendung.

3.1.2.1 IEEE 802.11

IEEE 802.11 bezeichnet einen Industriestandard für drahtlose Netzwerkkommunikation, dessen erste Version 1997 verabschiedet wurde und den Mediumzugriff und die physikalische Schicht für drahtlose lokale Netzwerke spezifiziert. Herausgeber ist das *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE). Es wurden drei Arten der Datenübertragung definiert: eine Infrarotübertragung und zwei Funkübertragungen. Der Standard benutzt zur Definition ein an das ISO/OSI angelehntes Referenzmodell, indem u.A. die Bitübertragungsschicht und die Mediengriffsteuerung definiert werden. Die Bitübertragungsschicht beinhaltet Mechanismen zur Übertragung von Bitströmen und spezifiziert u.a. die Trägerfrequenzen und die Sendeleistungen der Endgeräte. Die Mediengriffsschicht ist für den Zugriff auf den Übertragungskanal und für die Definition der Datendienste zuständig (Lehner 2003).

Vorgesehen ist eine Datenübertragungsrate von bis zu 2MBit/s und für die Datenübertragung

per Radiowellen die Verwendung des in den meisten Ländern lizenzfreien ISM²⁰-Bandes bei 2,4 GHz mit einer Übertragungreichweite von 10 bis 50 m.

1999 folgten zwei Erweiterungen: 802.11a spezifiziert eine weitere Variante der physikalischen Schicht, die im 5-GHz-Band arbeitet und Übertragungsraten bis zu 54 MBit/s ermöglicht. 802.11b ist ebenfalls eine alternative Spezifikation der physikalischen Schicht, die mit dem bisher genutzten 2,4-GHz-Band auskommt und Übertragungsraten bis zu 11 MBit/s ermöglicht. Als möglicher Nachfolger ist IEEE 802.16 alias WiMAX²¹ in Planung. Zurzeit hat dieser vorwiegend in Expertenkreisen diskutierte Standard für regionale Funknetze noch keine kommerzielle Bedeutung, soll aber die derzeit aktuelle WLAN-Technik mit Reichweiten von bis zu 50 km und Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 70 Mbit/s bei weitem übertreffen.

Durch die Möglichkeit der lizenzfreien Nutzung des 2,4-GHz-Bandes haben Produkte nach dem Standard 802.11b eine weite Verbreitung gefunden und viele Geräte auf dem Markt verfügen bereits über Hardware, die diesen Standard unterstützen. Produkte, die standardkonform arbeiten und die Interoperabilität mit Produkten anderer Hersteller gewährleisten, können von der Wi-Fi-Alliance²² zertifiziert werden. Das 5 GHz-Band ist ebenfalls lizenzfrei und wurde erst vor kurzem in Deutschland freigegeben. Derzeit ist das 5 GHz-Band noch nicht stark ausgelastet, allerdings operieren auch Geräte nach dem HIPERLAN/2-Standard (siehe Abschnitt 3.1.2.2) in diesem Frequenzbereich. In der Nutzung dominieren bisher immer noch Anwendungen im 2,4 GHz-Band.

3.1.2.2 HIPERLAN

HIPERLAN (High Performance Radio Local Area Network) ist der Oberbegriff für die Standards HIPERLAN/1, HIPERLAN/2, HIPERACCESS (früher HIPERLAN/3) und HIPERLINK (früher HIPERLAN/4). Die Standards beschreiben eine alternative Technologie zum IEEE 802.11-Standard (siehe Kapitel 3.1.2.1) um Funknetze zwischen Rechnern aufzubauen. Sie wurden von der Arbeitsgruppe *Broadband Radio Access Network* (BRAN) des ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) ab 1996 definiert. Die Standards bauen aufeinander auf und sind jeweils Weiterentwicklungen.

HIPERLAN/1 wurde 1996 von der BRAN-Arbeitsgruppe vollendet. Es sieht Datenübertragungsraten bis 23,5 MBit/s im 5 GHz ISM-Band (Industrial-Science-Medical), einem frei-verwendbaren Frequenzband, das unter anderem auch der WLAN-Standard IEEE 802.11a

²⁰Industrial, Scientific, and Medical band, ein Frequenzbereich, der nicht der staatlichen Regulierung unterliegt und lizenzfrei für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendungen genutzt werden darf

²¹Worldwide Interoperability for Microwave Access

²²eine globale, industrielle non-profit-Vereinigung mit mehr als 200 Mitgliedunternehmen, die sich der Förderung der Verbreitung von drahtlosen lokalen Netzwerken (WLANs) widmen.

nutzt. Es erreicht eine Reichweite in typischen Büro-Umgebungen von ca. 50 m, implementiert aber ein Verfahren, über das Knoten Datenpakete weiterleiten können, um größere Gebiete abzudecken. Für den mobilen Einsatz, für den Funknetze prädestiniert sind, sind Stromsparmechanismen implementiert.

Obwohl HIPERLAN/1 gegenüber IEEE 802.11 einige Vorteile bietet, konnte sich der Standard nicht durchsetzen und wurde von ETSI zu HIPERLAN/2 weiterentwickelt. Der seit dem Jahr 2000 verfügbare Standard HIPERLAN/2 unterstützt nicht nur traditionelle drahtlose Netzwerke im Büro- und Heimbereich, sondern wurde auch als Basis für drahtlose Zugangnetzwerke für Weitverkehrsnetze (siehe Kapitel 3.1.1), wie UMTS, konzipiert, vor allem für Multimedia-Anwendungen mit hohen Qualitätsanforderungen. Es unterstützt dabei Datenraten bis 54 MBit/s (analog zu IEEE 802.11a). Auch die Reichweiten sind ähnlich, 30 m innerhalb von Gebäuden und bis zu 150 m außerhalb werden erreicht. HIPERLAN/2 kann auch eingesetzt werden, um die Zugangskapazität zu Mobilfunknetzen zu erhöhen, z.B. um Hot Spots abzudecken, für die eine direkte Erschließung durch ein GSM-Mobilfunknetz aufgrund der hohen Teilnehmerzahlen schwierig ist.

Von ETSI wurden noch zwei weitere Standards für die drahtlose Datenübertragung entwickelt:

- HIPERACCESS ermöglicht drahtlose Verbindungen zwischen Nutzer und Zugangspunkt zu einem Weitverkehrsnetz und stellt damit eine Alternative zu drahtgebundenen Verfahren, wie ISDN²³, dar. Die maximale Datenübertragungsrate liegt bei 100 MBit/s. Es wird jedoch erwartet, dass in den meisten Fällen mit einer Datenrate von 25 MBit/s gearbeitet wird. HIPERACCESS-Verbindungen ermöglichen Reichweiten bis 5 km.
- HIPERLINK ermöglicht feste Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen Zugangspunkten für HIPERLAN oder HIPERACCESS mit Datenraten von bis zu 155 MBit/s.

3.1.2.3 HomeRF

Die *HomeRF Working Group* ist eine 1998 von mehreren Firmen (darunter Intel, Compaq, IBM, HP, Microsoft und Motorola) gegründete Arbeitsgruppe mit dem Ziel, einen offenen Industriestandard für digitale und drahtlose Kommunikation im privaten Heimbereich zu entwickeln, bei dem sowohl die Sprachübertragung in hoher Qualität als auch eine schnelle Datenübertragung ermöglicht wird. Die Spezifikation basiert auf einer Kombination zweier

²³Integrated Services Digital Network, bezeichnet einen internationalen Standard für den Zugang in ein digitales Telekommunikationsnetz, das hauptsächlich für die Übertragung von Telefongesprächen genutzt wird. ISDN ist die Nachfolgetechnik des analogen Telefonanschlusses.

bereits bekannten Technologien, zum einen DECT²⁴ als Basis für die Sprachübertragung und IEEE 802.11 (siehe Abschnitt 3.1.2.1) als Grundlage für die Datenübertragung. Diese beiden Technologien werden modifiziert in einem Protokoll für die Übertragung zusammengefasst, dem sog. SWAP (Shared Wireless Access Protocol).

Obwohl zwischenzeitlich mehr als 100 führende Firmen aus der Computer-, Elektronik-, Netzwerk-, Kommunikations- und Software-Industrie als Mitglieder weltweit in der Arbeitsgruppe beteiligt waren, wurde die The HomeRF Working Group im Januar 2003 aufgelöst (HomeRF Resource Center 2005).

3.1.2.4 Wireless ATM

Ende der achtziger bis Anfang der neunziger Jahre wurde der *Asynchronous Transfer Mode (ATM)* als Vermittlungstechnologie entwickelt. ATM basiert auf dem Konzept der *virtuellen Verbindungen*. Bevor Rechner kommunizieren können, muss das Netzwerk eine Verbindung einrichten. Dadurch wird eine Wegauswahl getroffen, die während der ganzen Verbindung erhalten bleibt. Es findet damit keine Wegauswahl für die Übermittlung einzelner Datenpakete statt, wie dies beispielsweise bei IP²⁵ der Fall ist. ATM kann sowohl zur Übertragung von Anwendungsdaten als auch von Sprache oder Video verwendet werden. Für einzelne Übertragungen kann eine Dienstgüte festgelegt werden. Durch das Konzept virtueller Verbindungen kann ein Nutzer eine bestimmte Bandbreite reservieren, die vom ATM-Netz garantiert wird.

Im Jahr 1991 gründeten die Unternehmen Cisco, Newbridge, NET und Stratacom das *ATM-Forum*, das die Standardisierung koordinieren sollte. Durch die Entwicklung drahtloser Kommunikationstechnologien entstand der Bedarf, ATM auch auf drahtlosen Medien einzusetzen. Im Jahr 1996 wurde deshalb durch das ATM-Forum eine Gruppe eingerichtet, die an einer drahtlosen Erweiterung von ATM arbeiten sollte, genannt *Wireless ATM*. Das Verfahren war für Datenraten von 25 MBit/s für das 5-GHz Band konzipiert. Die Reichweite war mit der von IEEE 802.11 (siehe Abschnitt 3.1.2.1) vergleichbar und sollte zwischen 30 und 300 m liegen.

Die Zukunft von Wireless ATM ist ungewiss. Durch den Einsatz immer schnellerer Ethernet-Switches²⁶ befindet sich das drahtgebundene ATM auf dem Rückzug und wird heutzutage

²⁴Digital Enhanced Cordless Telecommunications, ein Standard für schnurlose und Mobiltelefone sowie für kabellose Datenübertragung im Allgemeinen, ausgelegt auf picozellulare Verbindungen innerhalb von Gebäuden.

²⁵*Internet Protocol*, ein in Computernetzen weit verbreitetes Netzwerkprotokoll mit logischer Adressierung

²⁶Ethernet ist eine rahmenbasierte Computer-Vernetzungstechnologie für lokale Netze. Ein Switch steuert die Kommunikation in Computernetzen.

bevorzugt nur noch als Backbone-Netzwerk²⁷ eingesetzt. Für lokale Netze hat ATM praktisch keine Bedeutung mehr. Dies mindert auch die Chancen auf Erfolg für Wireless ATM. Zudem deckt Wireless ATM einen sehr großen Bereich von Szenarien ab, was die Technologie komplex und kostenspielig macht (Roth 2002).

3.1.2.5 Bluetooth

Bluetooth ist ein Industriestandard für die drahtlose Vernetzung von Geräten über kurze Distanz und bietet eine drahtlose Schnittstelle, über die sowohl mobile Kleingeräte wie Mobiltelefone und PDAs²⁸ als auch Computer und Peripheriegeräte miteinander kommunizieren können. Die Technik dient vorrangig zur Realisierung von Ad-hoc-Pikonetzen, die eine sehr geringe räumliche Ausdehnung von wenigen Metern haben. Bluetooth nutzt wie viele andere Standards auch den unregulierten Frequenzbereich um 2,4 GHz, der mit gewissen nationalen Einschränkungen weltweit zur Verfügung steht.

Die Entwicklung von Bluetooth begann 1994 bei Ericsson, als man nach einer Möglichkeit suchte, die Kabel zwischen Mobiltelefonen und Zusatzgeräten zu ersetzen. Zusammen mit anderen Industriepartnern gründete man 1998 die *Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group)*, um Bluetooth als de-facto-Standard zu etablieren. Um dies zu erreichen, setzte man sich das Ziel, einen Transceiver zu spezifizieren mit geringen Herstellungskosten, flexiblen Einsatzmöglichkeiten, niedrigem Energieverbrauch, Robustheit gegenüber Störungen und der Fähigkeit, Daten für multimediale Anwendungen zu übertragen. Dem Konsortium sind inzwischen mehr als 1000 Unternehmen angeschlossen und der Bluetooth-Standard ist inzwischen von der Arbeitsgruppe der IEEE für WPANs als IEEE 802.15.1 adaptiert worden.

Bluetooth unterstützt zwei Sprach- und Datenübertragungsdienste in der Version 1.0.

- Einen synchronen, verbindungsorientierten Dienst, der symmetrische, leitungsvermittelte Sprachkanäle bietet. Die Nutzung von parallel maximal drei Kanälen mit einer Datenübertragungsgeschwindigkeit bis zu 64 kbit/s.
- Einen asynchronen, verbindungslosen Dienst, der paketvermittelte Übertragung anbietet. Es sind asymmetrische Verbindungen mit Datenraten bis zu 721 kbit/s downstream und 57,6 kbit/s upstream, als auch symmetrische Verbindungen mit je 432 kbit/s möglich.

Mit der Version 2.0 - auch EDR (Enhanced Data Rate) genannt - können Daten etwa dreimal so schnell übertragen werden, also mit rund 2,2 Mbit/s. Neben diesen Datendiensten gibt

²⁷Mit Backbone [engl: Rückgrat] bezeichnet man im Allgemeinen einen zentralen Bereich eines Telekommunikationsnetzes mit sehr hohen Bandbreiten, im Kontext von Computernetzwerken das Kernnetz in einer hierarchischen Netzstruktur.

²⁸Personal Digital Assistant

es auch Mechanismen zur Leistungssteuerung der Endgeräte, um Energie zu sparen. Zu diesem Zweck werden für die Endgeräte mehrere Zustände definiert, welche den Energieverbrauch entsprechend drosseln. Außerdem stellt Bluetooth bestimmte Schutzmechanismen zur Verfügung, die aus Verschlüsselungs- und Authentifizierungsverfahren bestehen. Die theoretischen Reichweiten für Bluetooth-Geräte sind in Tabelle 3.2 dargestellt. Mit einem modifizierten Bluetooth-USB-Adapter mit Richtfunkantenne soll es sogar möglich sein, ein Bluetooth-Handy bei Sichtkontakt noch aus etwa 1,6 km Entfernung anzusprechen [WikipediaBluetooth:2005].

Bluetooth Klasse	Sendeleistung	Reichweite
Klasse III	1 mW	10 m
Klasse II	2,5 mW	20 m
Klasse I	100 mW	100 m

Tabelle 3.2: Theoretische Übertragungreichweiten von Bluetooth

Bluetooth-Geräte, die sich in gegenseitiger Reichweite befinden, können eine Kommunikationsverbindung aufbauen, ohne dass weitere Geräte oder eine zentrale Administration notwendig sind. Ein solches auch als *Piconet* bezeichnetes Netzwerk kann aus zwei bis maximal acht aktiv kommunizierenden Teilnehmern bestehen, wobei sich die Geräte die Bandbreite teilen. Ein ausgezeichnetes Gerät (meist das Gerät, welches die Verbindungsaufnahme initiiert), der sog. *Master*, den Zugriff auf die Funkschnittstelle regelt. Die weiteren Geräte (*Slaves*) sind nicht direkt, sondern über den Master miteinander verbunden. Im Fall einer Überlappung solcher Piconets ist es einem Gerät möglich, Teilnehmer mehrerer Netze zu sein und man spricht von einem *Scatternet*. Abb. 3.4 zeigt solche Szenarien. Bis zu zehn Piconets können sich ohne gegenseitige Störungen überlagern, wobei allerdings die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Netze sinkt (Schiller 2000).

Heutzutage ist der Einsatz von Bluetooth bereits enorm verbreitet. Die meisten modernen Mobiltelefone können mittels Bluetooth mit entsprechenden Freisprecheinrichtungen und Headsets, mobilen und stationären Computern, PDAs und anderen Mobiltelefonen verbunden werden, um Daten auszutauschen.

3.1.2.6 IrDA

Als sich die Infrarot-Technik²⁹ immer mehr verbreitete, wuchs das Interesse unterschiedliche, vom Hersteller unabhängige Geräte miteinander per Infrarot kommunizieren zu lassen. Um diesen Wunsch zu verwirklichen, schlossen sich im Jahr 1993 ca. 30 Firmen (darunter HP,

²⁹Als Infrarotstrahlung (kurz IR) bezeichnet man in der Physik elektromagnetische Wellen im Spektralbereich zwischen sichtbarem Licht und der langwelligeren Mikrowellenstrahlung.

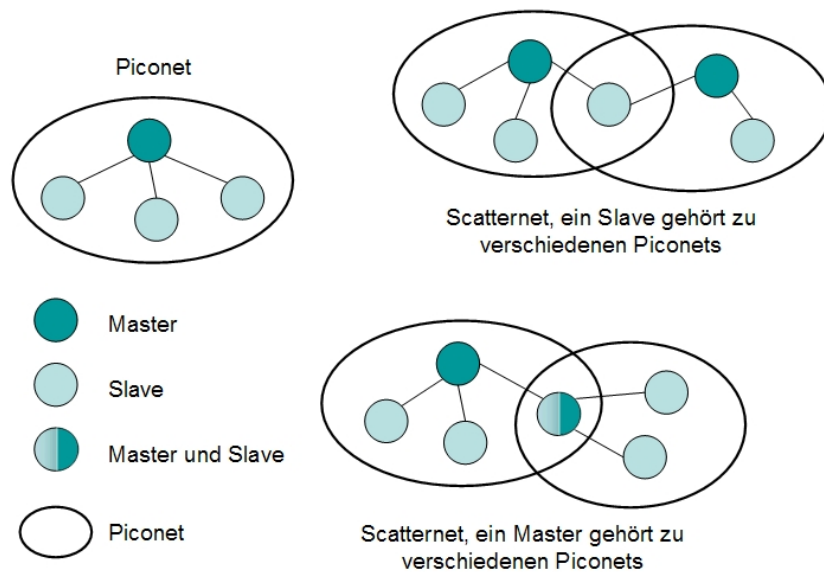


Abbildung 3.4: Beispiele für Piconets und Scatternets

IBM, Digital) zusammen und gründeten die *Infrared Data Association (IrDA)*. Ziel war es ein einheitliches Protokoll für die Datenübertragung per Infrarot zu schaffen. Damit sollte es bspw. möglich sein, einen Drucker von HP mit einem Rechner von IBM mittels Infrarot kommunizieren zu lassen. IrDA steht mittlerweile sowohl für die Gruppe als auch für den von ihr entwickelten Standard zur Infrarotkommunikation.

IrDA 1.0 (auch *SIR*, *Serial Infrared* genannt) als erster Standard sah Datenübertragungsraten zwischen 9,6 und 115,2 kBit/s vor. Es folgten IrDA 1.1 (*FIR*, *Fast Infrared*) mit Datenraten bis zu 4 MBit/s und *VFIR* (*Very Fast Infrared*) mit sogar 16 MBit/s. Die Möglichkeit der Kommunikation beschränkt sich dabei auf sehr kurze Distanzen, meist beträgt die Reichweite nur rund 1 m. Die eigentliche Datenübertragung ist zwar unverschlüsselt, aber dies dürfte nur in der Theorie ein Problem darstellen, da zum Datenaustausch die Transceiver³⁰ relativ exakt und mit Sichtverbindung aufeinander ausgerichtet werden müssen, so dass ein „Abhören“ der Daten in der Praxis kaum möglich ist. Die *Infrared Data Association* hat kürzlich einen neuen Standard für Wireless Mobile Payment (drahtloses mobiles Bezahlen) hervorgebracht, *IrFM* (*Infrared Financial Messaging*), auch bekannt als „Point & Pay“.

IrDA-Schnittstellen sind in Laptops, PDAs, Mobiltelefonen und PC-Druckern heutzutage weit verbreitet, werden in letzter Zeit aber immer mehr durch die Bluetooth-Schnittstelle (3.1.2.5) verdrängt.

³⁰Bezeichnung für einen kombinierten Sender und Empfänger, zusammengesetzt aus den Wörtern Transmitter und Receiver.

3.2 Positionsbestimmung

Die im Kapitel 3.1 vorgestellten Technologien wie Wireless LAN, Bluetooth, Infrarot, UMTS usw. ermöglichen dem Nutzer heutzutage ein hohes Maß an Ortsunabhängigkeit. Diese Mobilität ist Grundlage für sog. *Location Based Services*, die dafür sorgen dem „mobilen Nutzer“ verschiedene Dienste abhängig von seinem Aufenthaltsort anzubieten. Die Position des Nutzers ist in vielen Szenarien, die in Kapitel 2 skizziert werden, von elementarer Bedeutung. Damit mobile Dienste angeboten werden können, müssen die mobilen Geräte lokalisiert werden. Oft gibt es auch sinnvolle Anwendungsszenarien, bei denen anderen der eigene Aufenthaltsort publik gemacht wird.

Grundsätzlich können die Verfahren zur Positionsbestimmung in zwei Kategorien eingeteilt werden (Roth 2002).

- *Tracking*, die Position einer Person oder eines Objektes wird von einem Sensorennetzwerk bestimmt. Hierzu wird der Benutzer mit einer Marke (engl.: Tag) versehen, die vom Netzwerk erkannt wird. Die ermittelte Position liegt damit vorerst nur dem Positionierungssystem vor und muss ggf. über ein drahtloses Netzwerk an den Benutzer übertragen werden.
- *Positioning*, der mobile Benutzer ermittelt selbst die Position. Dazu wird ein System von Sendern benutzt, die Funk-, Infrarot- oder Ultraschallsignale aussenden. Die Positionsdaten liegen also vorerst nur auf dem mobilen Gerät vor und müssen ggf. für eine weitere Verarbeitung an ein anderes System übertragen werden.

In diesem Kapitel werden wichtige Technologien dargestellt, die eine Positionsbestimmung ermöglichen.

3.2.1 Satellitennavigation

Satellitennavigation bezeichnet Verfahren zur Positionsbestimmung mit Hilfe von Satelliten, die Radiosignale ausstrahlen, aus denen ein Empfänger seine Position errechnen kann. Beispiele für Satellitennavigationssysteme sind das amerikanische GPS³¹, das russische GLONASS³² und das zukünftige europäische System Galileo. Die Satellitennavigation ist ursprünglich zur Positionsbestimmung und Navigation im militärischen Bereich (in Waffensystemen, Kriegsschiffen, Flugzeugen) usw. vorgesehen. Heute wird es jedoch auch im zivilen Bereich genutzt, u.A. in der Seefahrt, Luftfahrt, durch Navigationssysteme im Auto, zur Orientierung im Outdoor-Bereich und im Vermessungswesen.

³¹Global Positioning System

³²GLObal'naya NAvigationannaya Sputnikovaya Sistema (GLObales NAvigations-Satelliten-System)

Satellitenavigationssysteme bestehen im Wesentlichen aus drei Komponenten:

1. Den Satelliten, die um die Erde kreisen und Signale zur Positionsbestimmung aussenden.
2. Einem Kontrollzentrum, das die Bahndaten der Satelliten kontrolliert.
3. Den Empfängern, die die Signale der Satelliten auswerten und dem Benutzer die aktuelle Position anzeigen. Geräte mit integrierter Antenne sind inzwischen nur wenig größer als ein Mobiltelefon (siehe auch Abb. 3.5).



Abbildung 3.5: Beispiele für GPS Empfangsgeräte von Trimble, Garmin und Leica

Durch die Installation und Überwachung der Satelliten entstehen natürlich erhebliche Kosten. Dafür kann die Positionsbestimmung überall auf der Erde erfolgen und es wird eine hohe Genauigkeit erzielt. Allerdings funktioniert die Positionsbestimmung nur, wenn Signale von hinreichend vielen Satelliten empfangen werden. Insbesondere im Inneren von Gebäuden ist keine Positionsbestimmung möglich, auch in Situationen mit extremem Unwetter kann die Funktionalität beeinträchtigt werden. Ein weiterer Nachteil ist die relativ lange Zeit von 30 s bis mehreren Minuten, um die erste Positionsbestimmung zu erhalten.

International hat sich die Verwendung des Überbegriffs GNSS (Global Navigation Satellite System) für neuere Systeme der Satellitenavigation etabliert. Die Bezeichnung GNSS-1 wird für geplante Projekte verwendet, die die bisherigen militärischen Systeme GPS und GLONASS durch bodengestützte Sendestationen und geostationäre Satelliten erweitern und damit den zivilen Anwendern eine höhere Dienstgüte bereitstellen. Solche satellitengestützten Zusatzsysteme werden als Satellite-Based Augmentation Systems (SBAS) bezeichnet. Erweiterungssysteme dieser Art sind das europäische EGNOS, das US-amerikanische WAAS und das japanische MSAS. Ein bodengestütztes System ist DGPS. GNSS-2 steht für Satellitenavigationssysteme der zweiten Generation wie das europäische Satellitenavigationssystem Galileo. Die militärischen Systeme GPS und GLONASS sind Systeme der ersten Generation. Im weiteren sollen einige der einzelnen Systeme kurz betrachtet werden.

- GPS

Die offizielle Bezeichnung ist NAVSTAR - GPS (Navigational Satellite Timing and Ranging - Global Positioning System; NAVSTAR wird manchmal auch als Abkürzung für Navigation System using Timing and Ranging benutzt). Im allgemeinen Sprachgebrauch wird das System häufig nur noch als GPS bezeichnet. GPS wurde am 17. Juli 1995 offiziell in Betrieb genommen und basiert auf Satelliten, die ständig Signale ausstrahlen, aus deren Signallaufzeit GPS-Empfänger ihre Position bestimmen können. Theoretisch reichen dazu die Signale aus drei Satelliten, da daraus die genaue Position und Höhe bestimmt werden kann. In der Praxis haben aber die meisten GPS-Empfänger keine Uhr, die genau genug ist, um daraus die Laufzeiten korrekt berechnen zu können. Deshalb wird meist das Signal eines vierten Satelliten benötigt. Mit den GPS-Signalen lässt sich aber nicht nur die Position, sondern auch die Geschwindigkeit des Empfängers bestimmen. Durch die relative Bewegung des Empfängers zu den Satelliten, ergibt sich durch den Doppler-Effekt³³ eine Verschiebung des Signals und da die Geschwindigkeit der Satelliten bekannt ist, lässt sich die Geschwindigkeit des Empfängers berechnen. Eine andere Möglichkeit der Geschwindigkeitsbestimmung besteht in der Ermittlung von zwei Positionsangaben kurz hintereinander. Damit ein GPS-Empfänger immer zu mindestens vier Satelliten Kontakt hat, werden insgesamt 24 Satelliten eingesetzt, die die Erde alle zwölf Stunden in einer Höhe von 20.200 km umkreisen. Es werden zwei Dienstklassen zur Verfügung gestellt. PPS (Precise Positioning Service) ist der militärischen Nutzung vorbehalten und ermöglicht eine Genauigkeit von horizontal 22 m und vertikal 27,7 m. Der für jedermann verfügbare SPS (Standard Positioning Service) bietet heutzutage eine Genauigkeit von horizontal 25 m und vertikal 43 m.

- DGPS

Eine entscheidende Erhöhung der Genauigkeit auf 0,5 - 5 m kann durch Einsatz von *Differential GPS* erreicht werden, indem zusätzliche fest positionierte Stationen auf der Erdoberfläche eingerichtet werden. Wenn eine solche Basisstation eine Positionsbestimmung mit GPS durchführt, kann aufgrund ihrer präzise bekannten Position eine Differenz ermittelt werden. Diese Fehlerkorrektur kann Benutzern im Umkreis der Basisstation mitgeteilt werden, wobei die Entfernung des Benutzers zum Korrektursender maßgeblich die Genauigkeit dessen Positionsbestimmung beeinflusst. (Abb. 3.6)

- WAAS

Das *Wide Area Augmentation System* ist ein US-amerikanisches Erweiterungssystem zur Satellitennavigation, das Zusatzdienste zum GPS bereitstellt. Es folgt einem ähnlichen Prinzip wie DGPS, allerdings werden die Korrekturdaten nicht mit Hilfe terrestrischer Sender übertragen, sondern von geostationären Satelliten ausgestrahlt. (Abb. 3.7)

³³bewegte Objekte erfahren eine Frequenzverschiebung auf dem empfangenen Signal

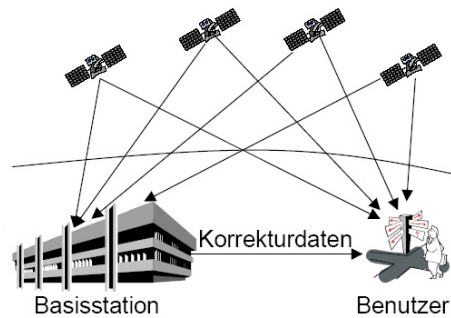


Abbildung 3.6: Differential GPS

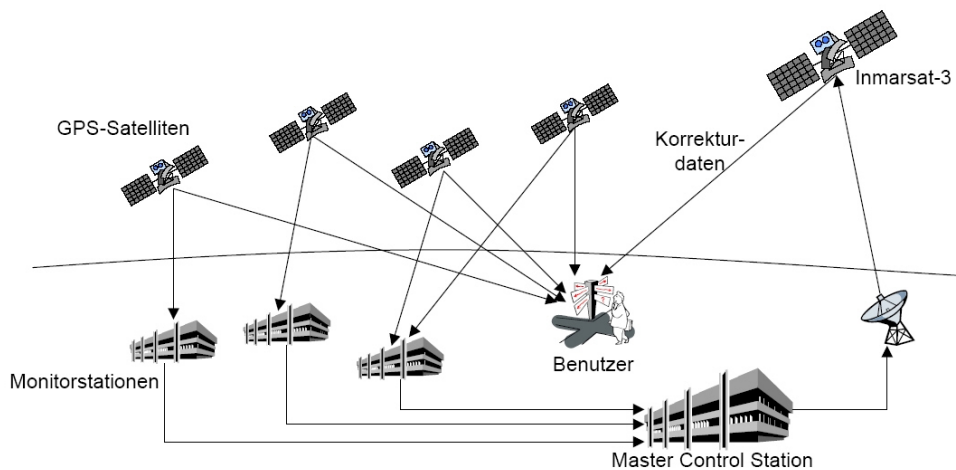


Abbildung 3.7: Wide Area Augmentation System

- EGNOS

European Geostationary Navigation Overlay Service ist ein europäisches Erweiterungssystem zur Satellitennavigation. Es besteht aus drei geostationären Satelliten und einer Reihe von Bodenstationen, die Informationen über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Satellitennavigationssysteme GPS und GLONASS ausstrahlen. EGNOS liefert Korrekturinformationen, mit denen ein GPS- bzw. GLONASS-Empfänger seine Position auf zwei Meter genau bestimmen können soll (vgl. Differential GPS). Darüber hinaus werden Integritätsinformationen ausgestrahlt, die für sicherheitskritische Anwendungen (z.B. im Luftverkehr) unerlässlich sind. EGNOS ist ein gemeinsames Projekt von europäischer Kommission, ESA und Eurocontrol. Es gilt als Einstieg der Europäer in die Satellitennavigation und als Vorstufe zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo. Das System soll im Laufe des Jahres 2005 seinen Betrieb aufnehmen.

- Galileo

Das geplante europäische System zur Satellitennavigation basiert auf 30 Satelliten (27 + 3 Ersatz), die in einer Höhe von rund 24.000 km die Erde umkreisen und verwendet wie GPS das Prinzip der Laufzeitmessung und ein Netz von Bodenstationen, die die Satelliten kontrollieren. Das System wird kompatibel zu GPS sein, damit werden nach Abschluss des Aufbaus insgesamt etwa 60 Satelliten zur Navigation zur Verfügung stehen. Galileo ist für zivile Zwecke konzipiert und unterliegt nicht wie das amerikanische GPS und das russische GLONASS einer nationalen militärischen Kontrolle. Die ersten drei geplanten Galileo-Satelliten sollen bis 2006 in Betrieb gehen. 2008 soll das Netz mit allen 30 Satelliten voll funktionsfähig sein.

Neben einem frei zugänglichen kostenlosen Basisdienst mit einer Ortungsgenauigkeit von bis zu 4 m soll Galileo auch kommerzielle Dienste anbieten, die eine Genauigkeit von weniger als einem Meter bieten und mit Hilfssendern auch zentimetergenaue Navigation in Gebäuden ermöglichen sollen.

3.2.2 Netzwerkgestützte Positionsbestimmung

Der Aufbau eines Systems zur Positionsbestimmung bedeutet eine nicht unerhebliche Investition. Insbesondere Systeme zur Satellitennavigation wie in Abschnitt 3.2.1 vorgestellt, verschlingen enorme Kosten für die Installation und den Betrieb. Auch sind die Signale meist nicht innerhalb von Gebäuden verfügbar. Ein anderer Ansatz zur Positionsbestimmung ist die Verwendung von bereits vorhandenen drahtlosen Netzwerken. Zellulare Netzwerke wie GSM oder WLAN (siehe Abschnitt 3.1) ermöglichen durch die Bestimmung der von einem Endgerät benutzten Funkzelle bereits eine grobe Positionsbestimmung. Im Folgenden sollen Vorgehensweisen für die Lokalisierung in einem zellularen Netzwerk betrachtet werden.

- *CGI, Cell Global Identity*

Dieses Verfahren nutzt die Identifikation einer Zelle, um die Position des mobilen Teilnehmers grob zu ermitteln (Abb. 3.8 links). Die Genauigkeit der Positionsbestimmung ist also stark von der Größe der Zelle abhängig. In einem GSM-Netz (siehe auch Abschnitt 3.1.1) z.B. haben die Zellen typischerweise einen Radius zwischen 100 m und 35 km, so dass die Positionsbestimmung für viele Dienste bei weitem nicht genau genug ist. Wenn die Sendestation über mehrere Antennen verfügt, die jeweils einen bestimmten Winkelbereich der Funkzelle versorgen, kann die Position zumindest bis auf einen Kreissektor genau ermittelt werden (Abb. 3.8 rechts).

- *TA, Timing Advance*

Basisstationen und mobile Endgeräte verwenden zur Kommunikation via Funkwellen bestimmte Zeitschlitze innerhalb der Kanäle auf den Frequenzbändern. Da das Timing

sehr exakt sein muss, wird die Signallaufzeit zwischen Endgerät und Basisstation berücksichtigt. Um ein Erreichen des Signals exakt innerhalb eines Zeitschlitzes zu gewährleisten, werden die Signale marginal früher gesendet, je größer die Entfernung ist. Diese Information kann genutzt werden, um die Position innerhalb einer Zelle mit großem Radius noch genauer zu bestimmen, wobei die Entfernung zur Basisstation in Schritten von ca. 550 m gemessen wird (Abb. 3.9).

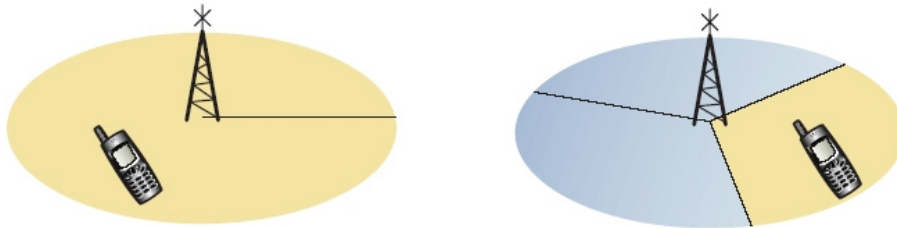


Abbildung 3.8: Cell Global Identity

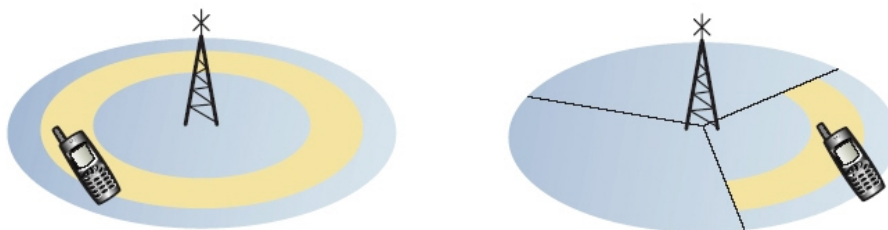


Abbildung 3.9: Cell Global Identity mit Timing Advance

- *UL-TOA, Uplink Time of Arrival*
Eine noch bessere Positionsbestimmung ist möglich, wenn sich ein mobiler Teilnehmer in Reichweite von mindestens vier Basisstationen befindet. Über eine sehr genaue Laufzeitmessung des Signals vom mobilen Endgerät zu den Basisstationen kann durch eine ähnliche Auswertung wie bei der Satellitennavigation die Position in einem GSM-Mobilfunknetz auf 50-150 m genau bestimmt werden (Roth 2002). Die Konstellation von vier sich überlappenden Funkzellen in der Praxis und damit die Möglichkeit der Anwendung dieses Verfahrens ist eher selten.
- *A-GPS, Assisted GPS*
Bei diesem Lokalisierungsverfahren unterstützen sich *GPS (Global Positioning System, siehe Abschnitt 3.2.1)* und ein Mobilfunknetz gegenseitig. Zum einen dienen die GPS-Satelliten den Basisstationen, um beim *UL-TOA*-Verfahren eine exakte Zeitinformation zu erhalten. Zum anderen können mit GPS-Empfängern ausgestattete mobile

Endgeräte basierend auf der Lokalisierung im Funknetz mit Informationen bezüglich Position und Sendefrequenzen erreichbarer Satelliten versorgt werden. Anschließend kann die Kaltstartphase für eine genaue Positionsbestimmung mittels GPS von mehreren Minuten auf wenige Sekunden verringert werden. Unter freiem Himmel lassen sich Genauigkeiten von 5 bis 10 m erzielen. In Zonen, in denen die Satellitensignale nicht ausreichend stark empfangen werden können, besteht dann immer noch die Möglichkeit einer netzwerkgestützten Positionsbestimmung mit einer Genauigkeit von 30-45 m (Wehrmann 2001).

- Messung der *Signalqualität*

Falls ein mobiles Endgerät über Kontakt zu Sendestationen einer oder mehrerer Zellen verfügt, kann als Maßstab für die Entfernung zu einem jeweiligen Sender die Qualität, also Empfangsstärke des Signals herangezogen werden. Um eine relativ exakte Aussage über die Position treffen zu können, kann initial eine Kalibrierung stattfinden, bei der zu einer möglichst großen Anzahl von unterschiedlichen Positionen die jeweiligen Signalstärken gemessen werden. In einem kleineren Areal können so Genauigkeiten von 3 m erzielt werden. Alternativ können die Daten anstatt gesammelt durch eine Simulation der Signalausbreitung berechnet werden. Es gilt allerdings zu bedenken, dass die Empfangsstärken leicht durch die Verwendung anderer Hardware, Wettereinflüsse und schon geringe physikalische Veränderungen der Umgebung variieren können. Temporäre Veränderungen verschlechtern so die Genauigkeit der Positionsbestimmung, dauerhafte indizieren eine erneute Kalibrierung.

3.3 Mobile Endgeräte

Um Dienste irgendeiner Art mobil zu nutzen, ist natürlich ein entsprechendes mobiles Endgerät erforderlich. Da heutzutage immer mehr Geschäftsprozesse mobil abgewickelt werden, bietet der Markt inzwischen unterschiedlichste Kategorien von Endgeräten an. Leistungsstarke Notebooks können über Schnittstellen direkt oder via Mobiltelefon in ein Netzwerk integriert werden. Auch kleinere Handhelds, so genannte PDAs, bieten eine gewisse Leistungsfähigkeit und die Möglichkeit der Netzwerkintegration. Da die Mobiltelefonie in den letzten Jahren aufgrund stetiger Kostensenkungen und technischer Weiterentwicklungen in großem Maße an Verbreitung gewonnen und sich zum täglichen Werkzeug der breiten Masse entwickelt hat, bietet sie sich besonders für das Angebot mobiler Dienste an. Ein Trend der Entwicklung sind sog. *Smartphones*³⁴ welche den Leistungsumfang eines PDAs mit eines Mobiltelefons vereinen, wobei der Ansatzpunkt je nach Hersteller mehr der PDA oder das Mobiltelefon ist (siehe auch Abb. 3.11). Das heißt, Smartphones haben einerseits die Fähigkeit, sich in ein Mobilfunknetz einzuloggen und darüber quasi von jedem Ort aus telefonieren zu können, andererseits haben sie auch die Fähigkeit, als kleiner Rechner Anwendungen auszuführen, wie dies auch ein PDA kann. Für die zukünftige Verbreitung von Smartphones auf dem Markt mobiler Endgeräte werden optimistische Prognosen getroffen (Abb. 3.10). Im



Abbildung 3.10: Prognose Marktentwicklung mobiler Geräte

weiteren Verlauf des Abschnitts liegt deswegen der Focus auf Vertretern dieser Kategorie, da davon auszugehen ist, dass in absehbarer Zeit jedes Mobiltelefon in großem Umfang „smart“ ist. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass ein Mobiltelefon aufgrund seiner Abmessungen die Mobilität des Benutzers wesentlich weniger einschränkt als z.B. ein Notebook.

Einige Referenzbeispiele für typische Smartphones sind Abb. 3.11 zu sehen.

³⁴zu deutsch etwa „schlaues Telefon“, auch Mobile Digital Assistant (MDA)



Abbildung 3.11: Smartphones

Ein Überblick über einige technische Daten der drei Referenzgeräte aus Abb. 3.11 ist in Tabelle 3.3 dargestellt.

Smartphone	Nokia 6630	PalmOne Treo 650	T-Mobile MDA III
verfügbarer Speicher	10 MB	21 MB	96 MB
Displaygröße in Pixel	176 x 208	320 x 320	240 x 320
Größe (H*B*T in mm)	110 x 60 x 21	113 x 59 x 23	125 x 72 x 19
Gewicht	127 g	178 g	210 g
Betriebssystem	Symbian OS	Palm OS	Windows Mobile Pocket PC

Tabelle 3.3: Technische Daten ausgewählter Smartphones

3.3.1 Individuelle Applikationen

Nicht nur Smartphones bringen als Grundausstattung einige bereits in das Gerät integrierte Applikationen mit. Auch die heutzutage als „einfach“ bezeichneten Handys verfügen schon lange über Funktionalitäten wie einen Wecker, ein Adressbuch und einen Terminkalender und können zusätzliche Klingeltöne und kleine Spiele über das Netz herunterladen, um diese dann für den weiteren Gebrauch auf dem Gerät vorzuhalten. Für die Funktion von angebotenen mobilen Diensten ist oft die Entwicklung zusätzlicher anwendungsspezifischer Software und das Vorhalten von Daten auf dem Endgerät notwendig. Ein Endgerät muss also die Installations- und die Lauffähigkeit von solcher Software ermöglichen und ausreichend Speicherplatz zur Verfügung stellen. Im Abschnitt 3.3.1.1 werden Betriebssysteme vorgestellt, die sich auf dem Markt etabliert haben. Jedes Betriebssystem beansprucht einen gewissen Umfang des Speichervolumens für sich, verbleibende Ressourcen können zur Datenhaltung und für zusätzliche Programme verwendet werden. Viele Geräte ermöglichen eine einfach

zu realisierende Speichererweiterung mittels digitaler Speicherkarten, wie z.B. SD Memory Cards³⁵ oder Multimedia Cards³⁶.

3.3.1.1 Betriebssysteme

Die Besonderheit von Betriebssystemen für mobile Geräte liegt in der Abhängigkeit von den Beschränkungen der mobilen Hardware. Sie müssen mit den nicht so leistungsstarken Prozessoren, den geringeren Speicherressourcen, eingeschränkten Displaygrößen, eingeschränkten Eingabemöglichkeiten und begrenzten Akkulaufzeiten harmonisieren (Lehner 2003).

Lange Zeit war Palm OS das weltweit meistverbreitete Betriebssystem für Handhelds und Smartphones, seit diesem Jahr setzt sich jedoch Windows Mobile von Microsoft vor allem im Geschäftskundenbereich zunehmend durch, da die meisten Business-Kunden auch Windows als Desktop-Version einsetzen (Manow 2004). Das Symbian OS hat zwischenzeitlich schon alleine durch die Tatsache Verbreitung gefunden, dass mehrere namenhafte Hersteller von Mobiltelefonen an der Entwicklung beteiligt sind. In diesem Abschnitt sollen die auf dem Markt relevanten Betriebssysteme für Smartphones und PDAs betrachtet werden.

- **Windows Mobile**

Diese von Microsoft herausgebrachten Betriebssysteme basieren auf dem Betriebssystemkern Windows CE (WinCE), der speziell für die Verwendung in Klein- und Kleinstcomputern entwickelt wurde. Dabei wurde sowohl von der Bedienung als auch von Seiten der Anwendungen an die Windows-Betriebssysteme für Desktop-Computer angelehnt, so dass für eine Vielzahl von Benutzern die intuitive Verwendung durch das bereits bekannte „Look-and-Feel“ erleichtert wird. Integriert sind auch bereits viele Funktionalitäten aus dem Bereich Multimedia. Betriebssysteme der Windows Mobile Serie stellen in der Regel höhere Anforderungen bezüglich Prozessorleistung und Speicherplatz als andere vergleichbare „mobile“ Betriebssysteme.

Es sind drei Varianten realisiert (Windows Mobile 2004/2005). *Windows Mobile 2003 Pocket PC* für Geräte auf dem PDA-Sektor. *Windows Mobile 2003 Pocket PC Phone Edition* mit einem zusätzlichen GSM/GPRS-Modul, um Verbindungen in einem entsprechenden Mobilfunknetz handhaben zu können. *Windows Mobile 2003 Smartphone* speziell für Mobiltelefone mit kleineren Displays und Ein-Hand-Bedienung.

Mit den *Smart Device Programmability (SDP) Features* der Entwicklungsumgebung *Visual Studio .NET 2003* eröffnet Microsoft Entwicklern die Möglichkeit auf Basis des

³⁵Secure Digital Memory Card, 32x24x2,1 mm groß mit Speicherkapazitäten zwischen 8 MB und 1GB. Mittlerweile sind auch Karten mit 2 GB Kapazität auf dem Markt und 4 GB bzw. 8 GB in der Entwicklung.

³⁶24x32x1,4 mm große Karten mit Speicherkapazitäten zwischen 2 MB und 2 GB

speziell für ressourcenbeschränkte Geräte entwickelte *Microsoft .NET Compact Framework* „mobile“ Applikationen zu schreiben, sowohl für Szenarien, die eine Verbindung in ein Netz erfordern, als auch solche, die stationär auf dem Endgerät stattfinden. Entwickler können Programmiersprachen wie das neue C#, Visual Basic .NET und eMbedded Visual C++ 4.0 benutzen. Für mobile Applikationen, die einen signifikanten Umfang an Daten auf einem mobilen Endgerät speichern und manipulieren, steht ein spezieller *SQL Server 2000 Windows CE Edition* mit essentiellen Funktionalitäten einer relationalen Datenbank wie Transaktionen und unterschiedlichen Datentypen zur Verfügung. Auch die Möglichkeit, Applikationen mit der Programmiersprache JAVA zu entwickeln, wird unterstützt.

- **Palm OS**

Auch dieses Betriebssystem von Palm Source wurde speziell für den Einsatz in kleinen, kostengünstigen Computern entworfen, mit dem Ziel, einfach zu bedienen zu sein, was gleichzeitig zu höherer Leistungsfähigkeit und effizienterer Ressourcennutzung verhilft.

Die zurzeit aktuell verbreitete Variante ist *Palm OS 5*, welche ab Version 5.4 auch als *Palm OS Garnet* bezeichnet wird. Garnet ermöglicht einen breiten Bereich an Bildschirmauflösungen, bietet erweiterte Unterstützung von Wireless-Verbindungen einschließlich Bluetooth und verfügt über verbesserte Multimedia-Fähigkeiten. Der Nachfolger *Palm OS Cobalt 6.1* fokussiert die Ermöglichung noch schnellerer und effizienterer Entwicklung von Smartphones und drahtlos kommunizierender Handhelds. Erstmals wird in einem Palm OS reales Multithreading unterstützt. Die ersten mobilen Endgeräte mit Palm OS Cobalt sollen bis Ende 2005 auf den Markt kommen (golem.de 2005).

Neben diversen Basic-, Pascal-, C- und Smalltalk-Derivaten stehen für die Entwicklung von Applikationen, die unter Palm OS laufen, auch Programmiersprachen wie C++ und Java zur Verfügung.

- **Symbian OS**

Die Firma Symbian Ltd. wurde als Joint Venture von Ericsson, Nokia, Panasonic, Motorola und Psion 1998 gegründet. Ausgelegt auf die spezifischen Bedürfnisse date-norientierter 2G-, 2.5G und 3G-Mobiltelefone (siehe Abschnitt 3.1.1) ist dieses Betriebssystem als globaler offener Industriestandard von vielen weltweit führenden Mobiltelefon-Herstellern lizenziert. Mobile Endgeräte mit der zurzeit aktuellsten Version 9.1 sind für die zweite Hälfte des Jahres 2005 angekündigt (Symbian 2005).

C++ ist die native Sprache von Symbian OS. Alle nicht-privilegierten Systembestandteile sind über diverse im C++ Software Development Kit enthaltene APIs³⁷ direkt an-

³⁷Application Programming Interface, Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung

sprechbar. Ebenso unterstützen die derzeit aktuellen Versionen von Symbian OS die Implementierung mit Hilfe von JAVA. Seit 2002 ist von Symbian die OPL (Open Programming Language), eine einfach zu beherrschende Interpreter-Scriptsprache, und dazugehörige Tools als Open Source frei verfügbar, um Applikationen für das Betriebssystem zu entwickeln. Für Microsoft's Entwicklungsumgebung Visual Studio .NET werden Integrativlösungen angeboten, so dass Entwickler ihre dort vielleicht bereits vorhandenen Skills benutzen können, um Applikationen im mobilen und drahtlosen Bereich für Symbian OS zu realisieren.

- **Linux**

Embedded Linux für mobile Endgeräte wie Smartphones und PDAs ist bisher hauptsächlich nur auf dem asiatischen Markt anzutreffen. Auf dem US-Markt ist seit kurzem ein Multimedia-orientiertes Smartphone des Herstellers Motorola mit Linux als Betriebssystem erhältlich. Ob sich Linux im Bereich der mobilen Endgeräte etablieren wird, bleibt zu beobachten (LinuxDevices.com 2005).

Inzwischen verfügen alle state-of-the-art Mobiltelefone über eingebaute oder optionale Java-Unterstützung (auf CLDC³⁸ und MIDP³⁹-Basis), so dass die Implementierung mit dieser Programmiersprache immer populärer wird. Von der von der Firma Sun Microsystems entwickelten objektorientierten, plattformunabhängigen Programmiersprache ist auf Basis der Java 2 Platform eine Micro Edition (J2ME) verfügbar, die speziell die Bedürfnisse mobiler und ressourcenbeschränkter Geräte, wie Mobiltelefone, Pager, PDAs, Set-Top Boxen und Telematik-Systeme adressiert. Auch IBM stellt z.B. als Teil der *Websphere Micro Development Edition* eine Java Virtual Machine zur Verfügung. Mit den reichhaltigen Tools und den Laufzeitumgebungen dieser IDE⁴⁰ können Java-Applikationen auf mobilen drahtlosen Endgeräten entwickelt und eingesetzt werden. Andere Firmen wie Data Representations⁴¹ bieten visuelle RAD-Tools⁴² an, um Applikationen für Windows Mobile Pocket PC, Palm OS, Symbian und andere MIDP-fähige Geräte auf Basis von J2ME/MIDP zu erstellen.

3.3.1.2 Darstellungsmöglichkeiten und Bedienbarkeit

Anzeigemöglichkeiten heutiger mobiler Endgeräte im Sinne von Mobiltelefonen und PDAs sind weit entfernt von den ursprünglichen 3-zeiligen Text-Displays aus der Anfangszeit des Mobiltelefon-Booms. Die Displaygrößen bewegen sich meist zwischen einer Auflösung von 130x130 und 320x480 Pixel (siehe auch Tab. 3.3), wobei die physische Größe natürlich auch

³⁸Connected Limited Device Configuration, eine Konfiguration mit Bibliotheken und Virtueller Maschine

³⁹Mobile Information Device Profile, ein JAVA API für mobile Endgeräte

⁴⁰Integrated Development Environment, Integrierte Entwicklungsumgebung

⁴¹www.datarepresentations.com/products/midp/index.jsp

⁴²Rapid Application Development, schnelles Entwickeln von Software mit Hilfe von speziellen RAD-Tools, welche beispielsweise ein grafisches Tool für die Drag & Drop-Erstellung von User Interfaces anbieten.

durch die Gesamtgröße des Gerätes begrenzt wird. In Kombination mit einer Farbtiefe von 65.000 Farben stellt die Darstellung von multimedialen Inhalten und die Verwendung von optisch ansprechenden Benutzeroberflächen primär kein großes Problem mehr dar. Dennoch sind die Möglichkeiten im Vergleich zu „unhandlichen“ mobilen Geräten wie Notebooks und stationären Geräten mit Standbildschirmen in gewissem Maße eingeschränkt. Aus Gesichtspunkten der Usability besteht also hier immer noch eine Herausforderung, umfangreiche Informationen übersichtlich darzustellen und eine brauchbare Bedienung von vielleicht etwas komplexeren Anwendungen zu ermöglichen.

Auch die Bedienung von kleinen Geräten gestaltet sich aufgrund der Größenverhältnisse oft entsprechend „filigran“. Zehn Tasten, um die unterschiedlichen Zahlen eingeben zu können, reichen natürlich nicht mehr aus. Um auch die Eingabe von Buchstaben zu ermöglichen, werden üblicherweise die Tasten der Zehnertastatur mehrfach belegt. Für eine komfortablere Eingabe von Text in größerem Umfang bieten einige Geräte eine vollwertige Tastatur im Mini-Format (z.B. Treo 650 in Abb. 3.11) oder eine „virtuelle“ Tastatur, die bei Bedarf auf dem berührungssensitiven Display angezeigt wird. Für die Bedienung über solche Displays werden in der Regel spezielle Stifte benutzt, so dass die Größe der Schaltflächen nicht auf die einer Fingerkuppe begrenzt ist (z.B. MDA III in Abb. 3.11). Vielfach ist dann auch die Möglichkeit der Eingabe mittels einer auf dem Display gezeichneten Symbolschrift bis hin zur Handschrifterkennung gegeben. Alternativ können auch oft separate Tastaturen direkt oder drahtlos mit dem Gerät verbunden werden, allerdings müssen diese dann für eine kontinuierliche Verwendung stets auch mitgeführt werden. Viele mobile Kleingeräte ohne Telefonfunktion haben bereits ein integriertes Mikrofon, Mobiltelefone verfügen schon aufgrund ihres eigentlichen Verwendungszwecks über ein solches. In solchen Fällen ergibt sich der Aspekt, gewisse Funktionalitäten mittels einer Sprachsteuerung zur Verfügung zu stellen.

Die Beschränkungen bezüglich Bedienung und Anzeigemöglichkeiten bedingen nicht zu komplexe und einfach zu handhabende Anwendungen auf dem Sektor der mobilen Kleingeräte. Dies muss nicht unbedingt als Nachteil zu sehen sein. Betrachtet man Anwendungsfälle aus dem Kapitel 2, will ein Nutzer Dienste sicherlich schnell und unkompliziert in Anspruch nehmen, so dass die Voraussetzungen für Einsätze dieser Art gegeben sind.

3.3.2 Netzwerkintegration

Der vielleicht wichtigste Aspekt bei der Betrachtung der heutigen Smartphones ist, welche der in den Abschnitten 3.1.1 und 3.1.2 vorgestellten Technologien für drahtlose Netzwerke von diesen überhaupt verwendet werden. Um die Benutzung der Referenzgeräte aus Abb. 3.11 nicht auf die reine Gesprächskommunikation zu beschränken, unterstützen diese nicht nur den etablierten GSM Standard auf mehreren Frequenzbändern, sondern auch die

darauf basierende paketvermittelnde GPRS-Technologie. Insbesondere um die multimedialen Fähigkeiten der Geräte online besser nutzen zu können, sind schnelle Übertragungen auch größerer Datenmengen erforderlich. Das Nokia 6630 und das PalmOne Treo 650 sind zusätzlich EDGE-fähig. Als einziges der Referenzgeräte unterstützt das Nokia 6630 einen UMTS-Standard, nämlich W-CDMA 2100.

Neben einer Infrarot-Schnittstelle, verfügen alle drei Geräte über Bluetooth-Hardware der Klasse III, mit der per Funk eine maximale Kommunikationsreichweite von 10 m realisiert werden kann. Der MDA III von T-Mobile bietet noch zusätzlich die Möglichkeit der drahtlosen Vernetzung in ein WLAN nach dem Standard IEEE 802.11b. Im Gegensatz zu reinen PDAs ist diese Technologie bisher bei nur wenigen Smartphones integriert. Hier profitiert das MDA III von seiner Herkunft, da es sich eigentlich um einen PDA mit zusätzlicher Telefon-Funktionalität handelt.

3.3.3 Positionsermittlung

Zur Positionsermittlung des Smartphones und damit in den meisten Fällen auch der des Nutzers des Gerätes bieten sich aufgrund der Einbindung in das zellulare Mobilfunknetz entsprechende in Abschnitt 3.2.2 aufgeführte Methodiken an. Auch für den Fall, dass das Gerät mittels IEEE 802.11 in ein WLAN oder mittels Bluetooth in ein PLAN integriert ist, kann der Aufenthaltsort zumindest auf einen Kreis mit dem Radius der theoretischen Übertragungreichweite um den jeweiligen Accesspoint festgelegt werden.

Die Bestimmung der Position mit Hilfe von Satelliten (siehe Abschnitt 3.2.1) in Kombination mit mobilen Endgeräten findet zu Navigationszwecken bereits große Verwendung. Das Empfangen der Satellitensignale erfolgt meist über ein separates GPS-Modul, das entweder mit einem Kabel an den PDA oder das Handy angeschlossen wird, oder via Bluetooth mit diesen kommuniziert. Die Verarbeitung der Daten findet dann auf dem Endgerät statt. Auf dem Markt werden auch einige PDAs angeboten, die ein solches GPS-Modul bereits fest integriert haben. Der Hersteller Siemens stellte auf der CeBit⁴³ 2004 erstmals einen Prototyp für ein Multimedia-Handy mit integrierter A-GPS-Technologie vor (Abb. 3.12 links).

Vom Mobilfunknetz sollen dem Gerät die aktuellen Positionsdaten der jeweiligen GPS-Satelliten für eine schnellere Möglichkeit der Ortung zu Verfügung gestellt werden. Die Ortungsdaten werden zur Positionsberechnung anschließend in das Funknetz übergeben, welches schließlich dem Handy seinen Standort mitteilt. Auf der diesjährigen CeBIT präsentierte Benefon das Esc!, ein Mobiltelefon inklusive Satelliten-Ortung (Abb. 3.12 rechts).

⁴³die CeBIT (Centrum der Büro- und Informationstechnik) ist die weltweit größte Messe für Informationstechnik und findet jedes Jahr im März in Hannover statt



Abbildung 3.12: Mobiltelefone mit integriertem GPS

Zwei Beispiele aus der Praxis für die Anwendung von Verfahren zur Positionsbestimmung sind im Folgenden skizziert.

Die *MOBILOCO*⁴⁴ GmbH bietet Nutzern standortbasierte Mobilfunkdienste an. Sie bezieht dafür Standortdaten deutscher Mobilfunkkunden aus allen vier deutschen Mobilfunknetzen basierend auf dem *CGI*-Verfahren (Abb. 3.13). Ein Dienst „alarmiert“ den Nutzer, sobald sich festgelegte Personen (respektive Handys) in seiner näheren Umgebung befinden. Ein weiterer Dienst ermöglicht eine Anfrage zur Auffindung für den Nutzer interessanter Personen in der Nähe, also eine Art „Dating-Service“. Mittels eines „Shopfinders“ können zu einem Stichwort Informationen zu nahe liegenden Geschäften angefordert werden. Eine standortbasierte Werbung ist in Vorbereitung.



Abbildung 3.13: MOBILOCO nutzt Zellidentifikation für standortbasierte Mobilfunkdienste

*Place Lab*⁴⁵ ist ein Forschungsprojekt, welches sich mit der kostengünstigen und leicht verwendbaren Positionierung für standortbasierte oder -beeinflusste Applikationen beschäftigt. Ziel ist der Versuch, eine weltweit funktionierende Lokalisierung zu bilden, die sowohl außerhalb als auch innerhalb von Gebäuden funktionstüchtig ist. Hierzu verwenden handelsüblichen Notebooks, PDAs oder Mobiltelefone Funkbaken wie WLAN-Accesspoints, Mobilfunksendemasten und ortsfeste Bluetooth-Geräte, also Vorrichtungen, mit denen bereits ei-

⁴⁴www.mobiloco.de

⁴⁵www.placelab.org

ne sehr gute Flächendeckung erreicht werden kann. Die Positionen von Funkbaken werden lokal in einer Datenbank auf dem mobilen Endgerät vorgehalten, so dass dieses anhand identifizierter Funkbaken eine Abschätzung auf die eigene Position vornehmen kann. In Ballungsgebieten ergaben Experimente eine Genauigkeit zwischen 20 und 30 m (Borriello u. a. 2005) (LaMarca u. a. 2005). Die Architektur von Place Lab ist in Abb. 3.14 skizziert.

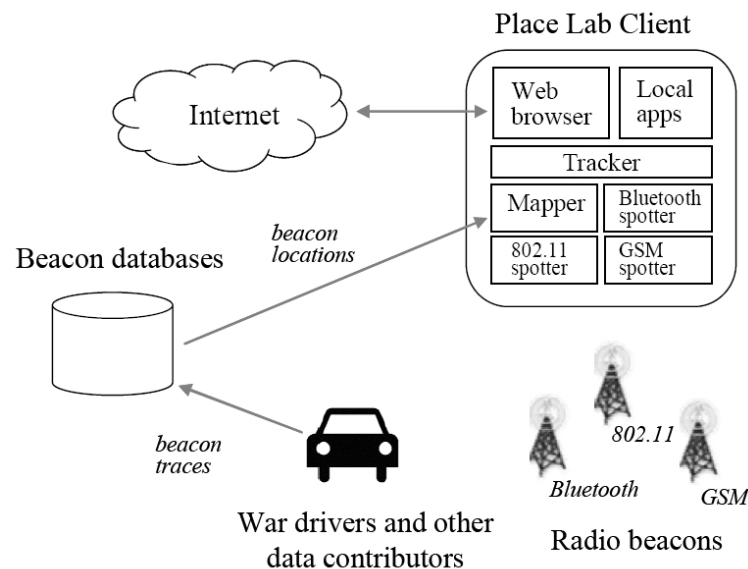


Abbildung 3.14: Komponenten der Place Lab Architektur

3.3.4 Physische Eigenschaften

Durch den technischen Fortschritt in den vergangenen Jahren wurde ermöglicht, die Größe von Mobilfunktelefonen immer weiter zu verringern. Stellt ein solches Gerät einen ständigen Begleiter dar, müssen sowohl die Ausmaße, als auch das Gewicht so beschaffen sein, dass der Nutzer in seinen „normalen“ Aktivitäten nicht oder zumindest möglichst wenig beeinträchtigt wird. Handelsübliche Geräte wiegen zurzeit normalerweise zwischen 100 und 250 g und sind zumindest so klein, dass sie leicht in einer Hemd- oder sogar Hosentasche mitgeführt werden können (siehe auch Tab. 3.3). Konträr zu diesem Trend stehen die in Abschnitt 3.3.1.2 erörterten Punkte Handhabung und Anzeige, die beide in gewissem Maße Größe und Gewicht des Gerätes beeinflussen oder umgekehrt. Ein kleines Smartphone stellt naturgemäß nur wenig Platz für Anzeige und Eingabemöglichkeiten wie eine Tastatur zur Verfügung. Große Displays erlauben bessere Darstellungsmöglichkeiten, bedingen dann aber auch größere und schwerere Endgeräte.

Gerade die Anwendungsszenarien innerhalb eines Ferienclubs wie in Kapitel 2 dargestellt verlangen Endgeräte, die der Benutzer möglichst nicht als störend empfindet und bei denen es unproblematisch ist, diese jederzeit und überall mit sich zu führen. Denkt man an sportliche Aktivitäten, sollten die Geräte robust und unempfindlich gegenüber Wettereinflüssen sein. Es werden bereits Mobiltelefone mit gewissen Outdoor-Qualitäten angeboten, sie sind relativ stoßfest und gegen das Eindringen von Spritzwasser, Staub und Schmutz geschützt, aber z.B. nicht für eine Verwendung im Wasser geeignet. Ein Ansatz für ein angenehmes fast unbemerktes Mitführen ist die „Integration“ der Geräte in eine Armbanduhr, deren Tragen die meisten Leute gewohnt sind. Die dabei noch geringeren Ausmaße erlauben aber zurzeit noch nicht die Verwendung umfangreicher Technik und beschränken natürlich die Größe der Displays. Abb. 3.15 zeigt zwei Beispiele für diesen Ansatz.



Abbildung 3.15: PDA und Handy am Handgelenk

4 Fazit und Ausblick

Die Verbreitung von mobilen Endgeräten hat in den letzten Jahren in großem Umfang zugenommen. Viele IT-Benutzer kommen bereits zumindest in Teilen ihrer täglichen Arbeit mit mobilen Anwendungen in Berührung. Durch die Weiterentwicklung und die hohe Verfügbarkeit mobiler Technologien erfreut sich die Benutzung mobiler Computer in unterschiedlicher Größe für ein ortsunabhängiges Arbeiten immer größerer Beliebtheit. Inzwischen sind selbst die Leistungsfähigkeit von Mobiltelefonen und die Übertragungsgeschwindigkeiten für Daten in Mobilfunknetzen so hoch, dass diesbezüglich keine elementaren Einschränkungen für die Verwendung anspruchsvoller mobiler Anwendungen vorliegen. Für die auf dem Markt etablierten auf solchen Geräten verwendeten Betriebssysteme sind tausende zusätzliche Applikationen erhältlich, da inzwischen etliche Entwicklungsumgebungen für diverse Programmiersprachen zur Verfügung stehen.

Mittlerweile verfügen so gut wie alle modernen Smartphones über eingebaute oder optionale Java- Unterstützung. Die von der Firma Sun Microsystems entwickelte objektorientierte und plattformunabhängige Programmiersprache stellt auf Basis der Java 2 Plattform eine Micro Edition (J2ME) zur Verfügung, die speziell die Bedürfnisse mobiler und ressourcenbeschränkter Geräte, wie Mobiltelefone und PDAs, adressiert. Durch die Lauffähigkeit auf jeder Plattform, auf der eine Java Virtual Machine ausgeführt wird, und durch die Popularität dieser Programmiersprache mit einer Community von über 2 Millionen Entwicklern bietet sich die Verwendung dieser Sprache für die Entwicklung von mobilen Applikationen an. Im *Sun Developer Network*¹ werden ca. 200 Mobiltelefone unterschiedlicher Hersteller als J2ME-fähig aufgeführt.

Neben den Technologien für Mobilfunknetze haben sich auch im Bereich der drahtlosen lokalen Netzwerke Standards wie Bluetooth und IEEE 802.11 durchgesetzt, wobei ersterer bereits von einer Vielzahl von Smartphones unterstützt wird, während letzterer wenigstens zur Zeit noch eher größer dimensionierten mobilen Geräten wie PDAs und Notebooks vorbehalten ist. Auf kurze Distanzen bestehen durch die Verwendung dieser Technologien alternative Möglichkeiten, ein mobiles Endgerät zumindest temporär in ein Netzwerk zu integrieren, ohne auf das eigentliche Mobilfunknetz angewiesen zu sein. Die dabei möglichen Übertragungsraten reichen in der Regel selbst für Anwendungen mit etwas umfangreicherem Datenaustausch vollkommen aus.

¹<http://developers.sun.com/techtopics/mobility/device/device>

Insbesondere positionsorientierte Dienste ermöglichen eine gezielte Versorgung der Nutzer. Für eine Lokalisierung eines Mobiltelefons stehen durch die Integration in das Mobilfunknetzwerk und alternative drahtlose Netzwerke Technologien zur Verfügung, die eine mehr oder weniger exakte Standortermittlung ermöglichen und können je nach Anforderung an die Genauigkeit für die Umsetzung solcher Dienste geeignet sein. Eine relativ exakte Positionsbestimmung ist mit Hilfe von Satelliten möglich, wobei aber mit Einschränkungen in Bereichen ohne Sichtkontakt zu diesen zu rechnen ist. Außerdem sind noch so gut wie keine Mobiltelefone auf dem Markt, in die diese Technologie integriert ist, so dass eine zusätzliche Hardware verwendet werden muss. Damit erscheint die Verwendung dieser Technologie im Zusammenhang mit den Beispielszenarien eher ungeeignet. Die Bestimmung der Position durch die Zuordnung zu den Funkzellen des Mobilfunknetzbetreibers ergibt nur im Idealfall, also z.B. in Ballungsgebieten, und durch den Einsatz zusätzlicher aufwändiger Techniken eine Genauigkeit von unter 100 m. Diese reicht in einem kleiner dimensionierten Areal für viele Anwendungen schon nicht aus. Eine schlechtere Infrastruktur von Funkmasten verhindert eine Eignung grundsätzlich. Zusätzlich ist die Abhängigkeit vom Mobilfunknetzbetreiber zu beachten, der als Zulieferer der Daten agieren muss. Die Verwendung einer alternativen Einbindung in ein Funknetzwerk mittels Bluetooth oder IEEE 802.11 ermöglicht dagegen einen autonomen Betrieb und einen relativ kostengünstigen Ausbau nach den eigenen Bedürfnissen. Gerade wenn bereits ein Netzwerk aus stationären Computern auf dem Areal existiert, können diese als Accesspoints für ein WLAN oder WPAN dienen. Durch die geringere Reichweite, insbesondere von Bluetooth, ist zwar eine höhere Anzahl von Funkzellen für eine gewisse Flächendeckung erforderlich, aber die Genauigkeit der Positionsermittlung wird durch die kleine Größe der Funkzellen begünstigt.

Das mobile Endgerät ist in den Beispielszenarien mehr oder weniger ständiger Begleiter des Benutzers und darf ihn nur in möglichst geringem Maße bei seinem Agieren beeinflussen. Ausmaße und Gewicht sind hier ein entscheidender Faktor, außerdem sollte das Gerät möglichst robust sein. Daher bietet sich die Verwendung eines Smartphones an, das eher den Ansatz des Mobiltelefons als den des PDAs verfolgt. Da Smartphones dieser Art fast durchweg Bluetooth, aber noch nicht den WLAN-Standard IEEE 802.11 unterstützen, würde dies eine Verwendung der Bluetooth-Technologie implizieren. Für eine Entwicklung auf Basis der J2ME muss ein solches Gerät für die Integration in eine Bluetooth-Umgebung den entsprechenden Java-Standard (JSR² 82: Java APIs for Bluetooth) unterstützen. Das Nokia 6630 aus den Referenzbeispielen für typische Smartphones (siehe Abb. 3.11 und Tabelle 3.3 in Abschnitt 3.3) z.B. erfüllt diese Kriterien und wäre somit ein geeigneter Kandidat.

Grundsätzlich ist die Umsetzung von Anwendungsfällen wie in Kapitel 2 beschrieben vom Ansatz her also durchaus möglich. Die Betrachtung der Technologien und Möglichkeiten innerhalb dieser Arbeit bietet lediglich einen breiter gefächerten Überblick. Eine detailliertere Aufnahme der Anforderungen und eine genauere Evaluierung der angedachten Lösungen

²Java Specification Requests

bezüglich der Anwendungsbereiche aus den Beispielszenarien anhand eines Prototypen werden in einer anschließenden Diplomarbeit des Verfassers erarbeitet.

Tabellenverzeichnis

3.1	Übertragungszeiten unterschiedlicher Mobilfunkgenerationen	17
3.2	Theoretische Übertragungreichweiten von Bluetooth	25
3.3	Technische Daten ausgewählter Smartphones	35

Abbildungsverzeichnis

3.1	3G Operator Evolution Options, Quelle: UMTS Forum (2005)	16
3.2	Hierarchischer Zellenaufbau von UMTS	17
3.3	Prognose öffentlicher WLAN- und Bluetooth-Internetzugänge	19
3.4	Beispiele für Piconets und Scatternets	26
3.5	Beispiele für GPS Empfangsgeräte von Trimble, Garmin und Leica	28
3.6	Differential GPS	30
3.7	Wide Area Augmentation System	30
3.8	Cell Global Identity	32
3.9	Cell Global Identity mit Timing Advance	32
3.10	Prognose Marktentwicklung mobiler Geräte	34
3.11	Smartphones	35
3.12	Mobiltelefone mit integriertem GPS	41
3.13	MOBILOCO nutzt Zellidentifikation für standortbasierte Mobilfunkdienste	41
3.14	Komponenten der Place Lab Architektur	42
3.15	PDA und Handy am Handgelenk	43

Literaturverzeichnis

- Babic 2003** BABIC, Alexander: *Entwicklung einer profilverarbeitenden ubiquitären Anwendung*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Diplomarbeit, Februar 2003
- Behrendt u. a. 2004** BEHRENDT, Dieter ; NEITZKE, Dr. H.-Peter ; NEITZKE, Till ; OSTERHOFF, Dr. J. ; ECOLOG-INSTITUT FÜR SOZIAL-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG UND BILDUNG GMBH (Hrsg.): *Funk-Netzwerke / Sachstandsermittlung zur Netzwerktechnologie WLAN*. Oktober 2004. – URL www.apug.nrw.de. – Zugriffsdatum: 2005-04-19. – im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
- Borriello u. a. 2005** BORRIELLO, Gaetano ; CHALMERS, Matthew ; LAMARCA, Anthony ; NIXON, Paddy: Delivering Real-World Ubiquitous Location Systems. In: *Communications Of The ACM* 40, No.3 (2005), März, S. 37–41
- Bresch 2004** BRESCH, Marco: *Erweiterung des JavaServer Faces Framework für den Einsatz in mobilen Anwendungen*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Diplomarbeit, Oktober 2004
- golem.de 2005** GOLEM.DE (Hrsg.): *Group Sense PDA plant Smartphone mit PalmOS Cobalt*. Februar 2005. – URL www.golem.de/0502/36461.html
- GSMSite.de 2005** GSMSITE.DE (Hrsg.): *Die ultimative Mobilfunkseite im Internet*. 2005. – URL www.gsmsite.de. – Zugriffsdatum: 2005-04-12
- Hahn 1998** HAHN, Dr. J.: Wenn Bits und Bytes fliegen lernen / Mobile Datenübertragung - technisch und wirtschaftlich eine Herausforderung. In: *Elektronik* 20 (1998), S. 94–101
- HomeRF Resource Center 2005** HOMERF RESOURCE CENTER (Hrsg.): *About HomeRF*. 2005. – URL www.palowireless.com/homerf/. – Zugriffsdatum: 2005-04-19

- LaMarca u. a. 2005** LAMARCA, Anthony ; CHAWATHE, Yatin ; CONSOLVO, Sunny ; HIGHTOWER, Jeffrey ; SMITH, Ian ; SCOTT, James ; SOHN, Tim ; HOWARD, James ; HUGHES, Jeff ; POTTER, Fred ; TABERT, Jason ; POWLEDGE, Pauline ; BORRIELLO, Gaetano ; SCHILIT, Bill: *Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild*. 2005. – URL www.placelab.org/publications/pubs/pervasive-placelab-2005-final.pdf. – Zugriffsdatum: 2005-04-26
- Lübke 2004** LÜBKE, Andre: *Entwurf einer Sicherheitsarchitektur für den Einsatz mobiler Endgeräte*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Diplomarbeit, April 2004
- Lehner 2003** LEHNER, Franz: *Mobile und drahtlose Informationssysteme*. Berlin Heidelberg : Springer Verlag, 2003. – ISBN 3-540-43981-1
- LinuxDevices.com 2005** LINUXDEVICES.COM (Hrsg.): *Linux on a roll in mobile phones*. Februar 2005. – URL www.linuxdevices.com/articles/AT3908389811.html
- Luntovskyy 2003** LUNTOVSKYY, Dr.-Ing. A.: *In Richtung 4G 2007-2010*. 2003
- Manow 2004** MANOW, Christiane: PDA-Software: Palm OS versus Windows Mobile. In: *Computer Reseller News* 32 (2004)
- Roth 2002** ROTH, Jörg: *Mobile Computing : Grundlagen, Technik, Konzepte*. 1. Auflage. Heidelberg : dpunkt.verlag GmbH, 2002. – ISBN 3-89864-165-1
- Schiller 2000** SCHILLER, J.: *Mobilkommunikation - Techniken für das allgegenwärtige Internet*. München : Addison-Wesley Verlag, 2000
- Symbian 2005** SYMBIAN (Hrsg.): *Symbian OS - the mobile operating system*. 2005. – URL www.symbian.com
- Szensny 2005** SZENSNY, Jan: *ePayment in Ferienclubs: Entwurf eines ePaymentsystems unter Nutzung von PDAs*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Studienarbeit, April 2005
- UMTS Forum 2005** UMTS FORUM (Hrsg.): *3G/UMTS Towards mobile broadband and personal Internet*. Februar 2005. – URL www.umts-forum.org/servlet/dycon/ztumts/umts/Live/en/umts/MultiMedia_PDFs_Papers_whitepaper-feb2005.pdf. – Zugriffsdatum: 2005-04-12. – A whitepaper from the UMTS Forum
- Wehrmann 2001** WEHRMANN, Jens: *Situationsabhängige Dienste - Grundlagen ihrer Entwicklung*, Universität Erlangen, Diplomarbeit, Juli 2001

Wikipedia 2005 WIKIPEDIA (Hrsg.): *Die freie Enzyklopädie*. 2005. – URL de.wikipedia.org/wiki/

Windows Mobile 2004/2005 MICROSOFT DEUTSCHLAND GMBH (Hrsg.): *Windows Mobile - Katalog 2004/2005*. 2004/2005. – URL www.microsoft.com/germany/ms/mobile. – Zugriffsdatum: 2005-04-28