

# Die mobilfunkgestützte Satellitenpositionierungstechnik AGPS : Wireless Assisred GPS

Autor(en): **Su, Chengling / Barth, Wolf / Wunderlich, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatca Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **104 (2006)**

Heft 4

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-236323>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die mobilfunkgestützte Satellitenpositionierungstechnik AGPS – Wireless Assisted GPS

Eine Möglichkeit der Positionierung eines Handys mit Hilfe des Mobilfunks auf Basis der Zellortung im GSM (Global System for Mobile Communications) steht derzeit sowohl von der Technik als auch von der Realisierung her zur Verfügung, kann jedoch mit der von GPS gewohnten Genauigkeit nicht konkurrieren. Weitere Möglichkeiten der Ortung im GSM werden hier nicht behandelt, da sie zwar theoretisch möglich, aber technisch nicht in Europa umgesetzt sind. GPS seinerseits weist unter bestimmten Beobachtungsbedingungen ebenfalls Probleme bei der Ortung auf, zum Beispiel innerhalb von Gebäuden. Dabei gehen dem System wichtige, zur Navigation notwendige Daten verloren. Das so genannte AGPS (Assisted GPS) oder auch Wireless Assisted GPS kann hier Abhilfe leisten, indem es dem GPS-Empfänger diese notwendigen Daten über ein Netzwerk (z.B. das GSM) zur Verfügung stellt. Mit AGPS können die Anwendungsbereiche der GPS-Technologie also nochmals erweitert werden. Mit Funktionen wie z.B. Notrufbehandlungen, Reiseninformationssuche, Kindertracking, GPS-Zeitanzeige im Handy usw. wird die AGPS-Technik unser alltägliches Leben noch stärker erleichtern, wo das gängige GPS bislang deutliche Grenzen zeigte.

*Une possibilité de localiser un téléphone mobile à l'aide de la technique radio mobile est actuellement disponible sur les plans technique et de la réalisation dans GSM sur la base de la localisation cellulaire; mais cette méthode n'est actuellement pas concurrentielle avec la précision usuelle du GPS. D'autres possibilités de localisation dans GSM ne sont pas évoquées ici, bien que théoriquement possibles mais techniquement non réalisées. De son côté le GPS présente également des problèmes lors de la localisation sous certaines conditions d'observation, par exemple à l'intérieur de bâtiments. Dans ce cas, d'importantes données nécessaires à la navigation peuvent se perdre. Un remède consiste en AGPS (Assisted GPS) ou encore en Wireless Assisted GPS en mettant à disposition du récepteur GPS les données nécessaires via un réseau (par exemple le GSM). Avec AGPS, les domaines d'application de la technologie GPS peuvent ainsi être encore une fois élargis. Avec des fonctions telles que réception d'appels d'alarme, recherches d'informations de voyage, suivi de cheminement d'enfants, indication du temps GPS dans le téléphone mobile, la technique AGPS va encore faciliter notre vie de tous les jours dans les domaines où l'habituel GPS a failli jusqu'à présent.*

Al momento la possibilità di posizionamento di un cellulare, con l'aiuto della radiotelefonica, esiste sia dal punto di vista tecnico che da quello applicativo. Questo viene fatto basandosi sulla localizzazione nel GSM, benché attualmente questo sistema non sia all'altezza della precisione ottenuta col GPS. In questa sede non si menzionano ulteriori possibilità di localizzazione nel GSM, anche se queste ultime sono teoricamente possibili ma non ancora applicate nella pratica. In determinate condizioni di osservazione, il GPS presenta pure problemi di localizzazione, ad esempio all'interno di edifici. Al riguardo, nel sistema vanno persi importanti dati di navigazione. Il famoso AGPS (Assisted GPS) o anche il Wireless Assisted GPS possono venire in aiuto, mettendo questi dati a disposizione del ricevitore GPS, tramite una rete (ad es., GSM). Con l'AGPS si possono ulteriormente ampliare i campi d'applicazione della tecnologia GPS, con funzioni come: la gestione delle chiamate d'emergenza, la ricerca di informazioni di viaggio, gli spostamenti dei bambini, la visualizzazione dell'ora tramite GPS sul cellulare, ecc. La tecnologia AGPS faciliterà ulteriormente la nostra vita quotidiana, arrivando dove finora il GPS ha fallito.

*Ch. Su, W. Barth, Th. Wunderlich, Y. Liu*

## 1. Geolokalisations- techniken

Mit Hilfe des Wireless Networks oder mit Handsets kommt eine Anzahl verschiedener Geolokationsmethoden (Djuknik 2001) (siehe Tab. 1) mit unterschiedlichen Genauigkeiten zum Einsatz (Hojjdonk).

## 2. A-GPS Technik

### 2.1 Begriffserklärung

Assisted GPS ist das Zusammenspiel des Global Positioning System mit einem verfügbaren Netzwerk (GSM, UMTS, WLAN, Funk o.a.), das die Stärken zweier oder mehrerer Methoden in der Weise kombiniert, dass die Verortung eines mobilen Endgerätes auch da möglich wird, wo ein einzelnes System versagen würde. Verglichen mit herkömmlichem GPS im Mobiltelefon bietet A-GPS eine deutlich bessere Ortungsqualität bei geringerem Energieverbrauch und günstigerem Preis-Leistungsverhältnis. Bei A-GPS erhält das Handy aus dem Mobilfunknetz Daten zu Umlaufbahn, Dopplerfrequenzen und Funktionsfähigkeit der Satelliten und kann auch schwächere Satellitensignale sekundenschnell auswerten. Die A-GPS-Technik nutzt dabei die Funkverbindung zwischen Basisstation und Handy, um die gesammelten Daten vom Satelliten in wenigen Sekunden zu übertragen (siehe Abb. 1). Das spart im Vergleich zu GPS Energie und Zeit. Statt Minuten dauert es im offenen Gelände auch nur noch einige Sekunden, bis man nach Einschalten des Gerätes die exakten Koordinaten erhält.

Diese neue Methode bietet gegenüber konventionellem GPS folgende Vorzüge (Sheynblat 2001):

- sehr schnelle Akquisition (100 bis 1000 mal schneller);
- hohe Empfindlichkeit, sogar im Indoor;
- verbesserte Genauigkeit und Zuverlässigkeit durch Kooperation zwischen MS und Server;
- Roaming-Unterstützung mit nur einem

Geolokalisationsmodul	Geolokalisationsmethode	Genauigkeit (m)
Geolokalisation auf Basis einer mobilen Station	GPS (Global Positioning System)	15 (Kowoma 2005)
	AGPS (Assisted Global Positioning System)	<20 (Fujitsu 2005)
	OTD (Observed Time Difference)	100
Netzbasierende Geolokalisation	Cell-ID	100–3000
	TOA (Time of Arrival)	100–200
	TDOA (Time Difference of Arrival)	100–200
	AOA (Angle of Arrival)	100–200
	E-OTD (Enhanced Observed Time Difference)	50–200
	A-FLT (Advanced Forward Link Trilateration)	50–200
	OTDOA (Observed Time Difference of Arrival)	50–200

Tab. 1: Geolokalisationsmethoden und ihre Genauigkeiten.

alleinigen AGPS-Server durch verschiedene Netze und Regionen;

- geringer CPU- und Energiebedarf;
- keine andere spezifische Infrastrukturanforderung ans Netz ausser AGPS-Server;
- leichte Kombination mit anderen terrestrischen Geolokalisationen.

Obwohl A-GPS und Differential GPS (DGPS) oberflächlich sehr ähnlich sind, weil beide Techniken die Beobachtungen der Satellitensignale durch terrestrische Infrastruktur unter Zuführung der entsprechenden Informationen verbessern können, unterscheiden sie sich doch wesentlich voneinander. DGPS erhöht die Genauigkeiten der Positionierung des traditionellen GPS, aber die Sensitivität des GPS-Empfängers erhöht sich nicht. AGPS

steigert die Leistung von konventionellen GPS-Empfängern bei ungünstigen Beobachtungsbedingungen mit geringem Signal-Rauschverhältnis durch die Assistenzdaten.

## 2.2 Empfindlichkeit und Akquisitionszeit der AGPS-Empfänger

Die konventionellen GPS-Empfänger verfügen üblicherweise über zwei separate Modi, nämlich die Akquisition und die Verfolgung. Um die Position des GPS-Empfängers auswerten zu können, muss der GPS-Empfänger zuerst die Satellitensignale akquirieren. Hierfür muss der Empfänger die betreffenden Frequenzen und Codes aller aufgenommenen Satelliten durchsuchen.

Zur Detektion der Satellitensignale verwendet ein GPS-Empfänger die Methode der Korrelation. Der GPS C/A-Code, der auf dem GPS L1-Träger eingesetzt wird, ist ein Pseudo Random Noise (PRN) und verfügt über ein herausragendes Merkmal zur Korrelation. Ein vom Oszillator des GPS-Receiver erzeugter PRN, z.B.  $u(t)$ , wird mit seinem gleichen PRN, z.B.  $u'(t)$ , von einem GPS-Satelliten aus dem gesamten Suchraum korrelieren. Hierbei handelt es sich um die so genannte Akquisition. Der Korrelationskoeffizient  $R(t)$  kann mit folgender Formel (Zhou 1997) definiert werden:

$$R(t) = \frac{A_u - B_u}{A_u + B_u} \quad (01)$$

Dabei bedeutet  $A_u$  die Anzahl der gleichen Chips und  $B_u$  die der ungleichen. Wenn die beiden PRNs nach einer gewissen Zeitspanne übereinstimmen, so wird der Korrelationskoeffizient  $R(t) = 1$  und der entsprechende Satellit ist akquiriert. Konventionelle GPS-Receiver haben üblicherweise zwei bis vier Korrelatoren für die Verfolgung jedes Satelliten. Die vom GPS-Receiver erzeugten Codes werden Chip für Chip gegenüber den korrekten Codes aus dem Satelliten verzögert. Jeder C/A-Code enthält 1023 Chips. Wegen des Einflusses der Dopplerverschiebung gibt es 40 typische Codefrequenzintervalle, nach denen der GPS-Receiver zu suchen braucht. So bildet der Suchraum  $40 \times 1023$  Chips (Diggelen 2001). Jeder Chip verzögert die Suchzeit mindestens 1 ms, deshalb beträgt die Akquisitionszeit für den gesamten Suchraum wenigstens 40 Sekunden.

Mit Einführung der AGPS-Technik wird der Suchraum drastisch reduziert. Indem der Almanach der Satelliten und genäherete Dopplerdaten durch das Wireless Network zum Handset übertragen werden, weiss der GPS-Receiver im Kaltstartmodus sofort, welche Satelliten er beobachten kann. Deshalb bleiben nur vier bis zehn Codefrequenzen übrig, die vom GPS-Receiver zu durchsuchen sind. So benötigt man durch die Einführung von Assisted Daten nur vier bis zehn Sekunden Zeit bis zur ersten Positionsbestimmung (TTFF: ti-

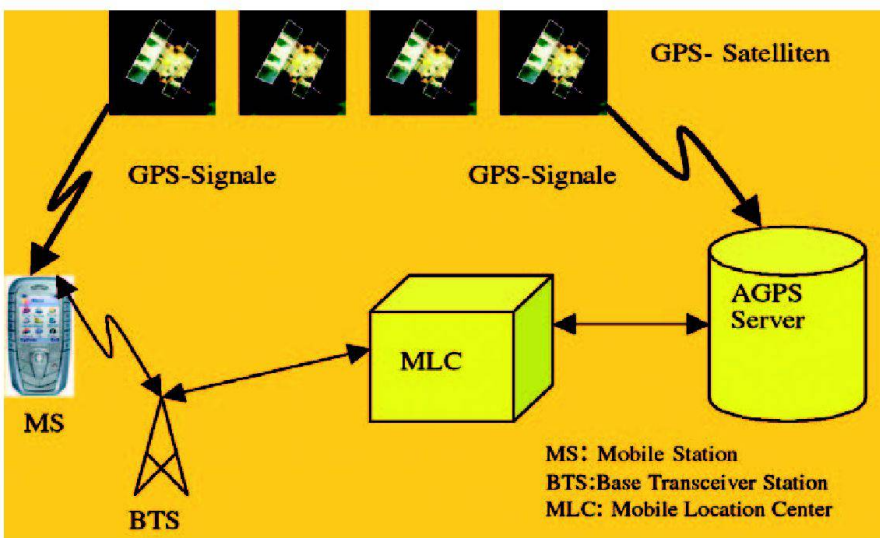


Abb. 1: Konzept der AGPS-Technik.

me to first fix) beim Kaltstart mit konventionellem GPS-Receiver. Durch die Einführung der Assistenzdaten kann die Empfindlichkeit um  $20 \log_{10}(\sqrt{10}) = 10$  dBm erhöht werden (Diggelen 2001).

In einem Gebäude ist ein konventioneller GPS-Empfänger trotz der Einführung von Assisted Daten aber immer noch nicht fähig, die Signale von GPS zu akquirieren, weil diese im Inneren eines Gebäudes um 20–30 dB (Faktor 100–1000) schwächer als im Aussenraum sind (Eissfeller 2005 a). Um die Positionierung Indoor oder in einer zur Beobachtung von Satelliten ungünstigen Umgebung zu ermöglichen, wird ein hochempfindlicher (sog. High Sensivity GPS – HSGPS) Empfänger benutzt, der über mehr als tausend Korrelatoren verfügt (Wieser 2006). Das minimale Signal-Rauschverhältnis  $C/N_0$  für die Akquisition von einem hochempfindlichen GPS-Empfänger beim Kaltstart beträgt 31 bis 27 dBHz entsprechend –139 bis –143 dBm (Eissfeller 2005 b). Mit Erhöhung der Empfindlichkeit um 10 dBm durch die Einführung der Assistenzdaten erhält man im Gebäude das entsprechende  $C/N_0$  von –149 bis –153 dBm. Die Verweildauer in einer Zelle (dwell time) beträgt unter Indoor-Bedingungen 1,0 Sekunde gegenüber nur 0,001 Sekunde bei Outdoor-Bedingungen (Eissfeller 2005 b). Wir nehmen an, dass durch Einführung der Assistenzdaten nur vier bekannte Satelliten-Codes zu akquirieren sind und die Zahl der Korrelatoren im hochempfindlichen GPS-Chip 16 000 ist. Der Signaldatenstrom wird auf eine Zwischenfrequenz heruntergemischt und Nyquist gefiltert sowie noch mit sin- und cos-artigen Referenzsignalen multipliziert, wodurch zwei Komponenten (I, Q) entstehen. Wird der Nyquist-Faktor zwei und ein Konfidenzfaktor von zwei berücksichtigt, so beträgt die Zahl der Zellen des Suchraums 16 368. Die benötigte Akquisitionszeit errechnet sich gemäss (Eissfeller 2005 b) näherungsweise nach:

$$T_{Akq} = \frac{N_s}{N_{Corr}} T_{Dwell} \quad (02) \text{ mit}$$

$T_{Akq}$  ... Totale Akquisitionszeit  
 $T_{Dwell}$  ... Verweildauer in einer Zelle

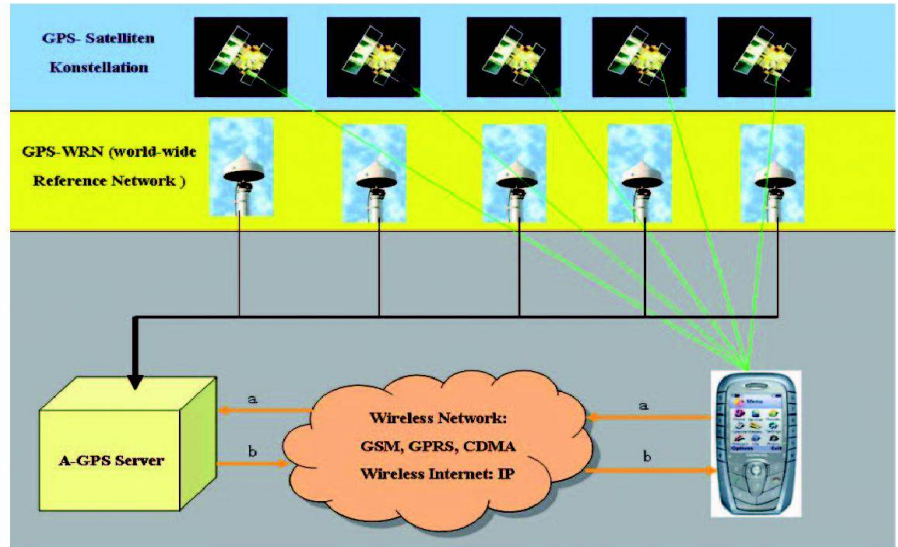


Abb. 2: Ablaufschema der Assisted Data für MS-Based Mode.

$N_s$  ... Zahl der Samples  
 $N_{Corr}$  ... Zahl der parallel eingesetzten Korrelatoren

Dann können wir die Akquisitionszeit für einen hochempfindlichen GPS-Empfänger mit 16 000 Korrelatoren mit 1,02 Sekunden angeben. Das heisst, der mit hochempfindlichen GPS-Chips versehene GPS-Empfänger kann die C/A Codes aus GPS-Satelliten mit Führung der Assistenzdaten in nur einer Sekunde akquirieren.

Die derzeitige Höchstzahl von Korrelatoren beträgt 200 000 beim SiRFstarIII (Wunderlich 2006).

### 2.3 Assistenzdaten

Um eine Positionierung in einem Gebäude oder unter Abschattung erreichen zu können, müssen ausser der Erhöhung der Empfindlichkeit des GPS-Empfängers zur Verkürzung der Akquisitionszeit auch die entsprechenden Assistenzdaten zugeführt werden.

#### 2.3.1 MS-Based Mode

Bei diesem Modus erfolgt die Positionsberechnung im Handset mit einem hoch empfindlichen GPS-Empfänger (Abb. 2). Man benötigt folgende Assistenzdaten, die teilweise aus einem weltweiten Referenznetz geliefert werden:

- Cell-ID
- Almanach

- Ephemeriden
- Koordinaten der Referenzstation
- Dopplerinformation
- Referenzzeit (bei GSM Network)

Vorgehensweise:

a) Anfangs muss der AGPS-Server die genäherte Position des Handsets kennen, also die Cell-ID. Diese Cell-ID kann man als erste der Assistenzdaten betrachten.  
 b) Der AGPS-Server sendet den Almanach, die Ephemeriden und die Koordinaten der Referenzstation sowie die Referenzzeit der potenziell sichtbaren Satelliten zum Handset. Mit dem Almanach kann das Handset die Satellitensignale akquirieren und die Pseudostrecken berechnen. Mit den Ephemeriden, den Koordinaten der Referenzstation und der Referenzzeit können die lokalen Koordinaten des Handsets sekundenschnell ausgewertet werden. Die berechnete Position ist natürlich auch durch das Funknetz zum LBS oder PSAP (Public Safety Answering Point) zu leiten.

#### 2.3.2 MS-Assisted Mode

Bei diesem Modus wird die Positionsberechnung im AGPS-Server erledigt (Abb. 3).

Man benötigt folgende Assistenzdaten:

- Cell-ID
- Almanach
- Pseudostrecken

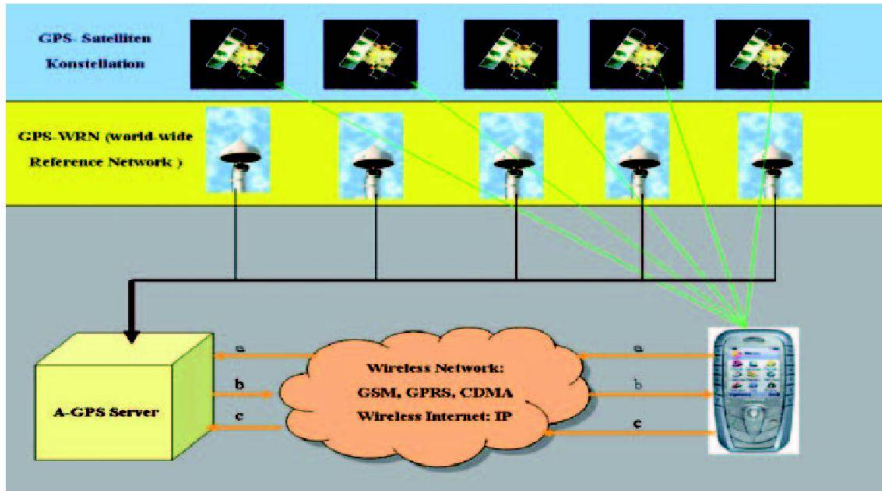


Abb. 3: Ablaufschema der Assisted Data für MS-Assisted Mode.

AGPS-Komponenten	Firmen	Produkte
AGPS Chipset	SiRF	SiRFstarIII, SiRFstarIII/LP, SiRFstarIII
	Global Locate	STINGRAY System-In-Package AGPS Module Indoor GPS Chip Set
	Infineon	Hammerhead Single Chip AGPS Solution (mit Global Locate)
	Qualcomm	gpsOne Solution for CDMA, z.B. MSM 7600, 7500, 7200. gpsOne Solution for GSM, WCDMA, z.B. MSM7600, 7500, 7200.
AGPS Handy	gpsOne/Snaptrack	z.B. Alltel CDMA9500, KDDI A3012CA, SK Telecom MS-150 usw.
	Siemens	SX1, SXG75
	Motorola	A920, A925, A835, A1000
	Nec	Nec e616
AGPS Server	SiRF	SiRF Loc Server
	Snaptrack	SnapSmart
	Global Locate	The Global Locate AGPS Server

Tab. 2: Firmen mit AGPS-Produkten am Markt.

Vorgehensweise:

- Wie im MS-Based Modus ist die Cell-ID als erste Information der Assistenzdaten dem AGPS-Server durch das Netz zugeführt worden.
- Die Almanachs der betreffenden Satelliten werden zum Handset gesandt.
- Die am Handset beobachteten Pseudostrecken werden als Assistenzdaten zum AGPS-Server gesandt. Beim Server wird die Position des Handsets ausgewertet. Diese Position wird bei Bedarf auch zum Handset oder LBS/PSAP geschickt.

### 2.3.3 DGPS-Korrekturdaten

Um die Genauigkeit der AGPS-Lösung zu steigern, kann man auch die Korrekturdaten der Pseudostrecken als Assisted Data verwenden.

### 2.4 Entwicklung von AGPS auf dem Markt

Um die AGPS-Technik zu entwickeln und die AGPS-Anwendung zu ermöglichen, muss man über einen GPS-Chip mit hoher Sensitivität, ein Handy mit AGPS-Funktion und einen AGPS-Server verfügen. Auf dem Markt gibt es weltweit vie-

le Firmen, die verschiedene Produkte für AGPS herstellen (siehe Tab. 2). Damit ist die AGPS-Technik bereits praxisreif.

## 3. Anwendungen der AGPS-Technik

Die AGPS-Technik kann in vielen Bereichen Anwendung finden, z.B. bei Informationsdiensten, Notfallreaktionen, bei der Suche nach Freunden, beim Eigentumsschutz usw.

### 3.1 Anwendungen für Verbraucher

Die Kommunikationstechnik entwickelt sich sehr schnell. 3G steht für dritte Generation der Mobilkommunikationstechnik und verfügt über bis maximal zwei Mbps drahtloser Bandbreite. Das ermöglicht es, die digitalen Karten und Assistenzdaten für AGPS in Echtzeit zwischen Netzwerk und Handy zu transportieren. Leute, die sich in einer fremden Stadt befinden, können leichter ihre Ziele, z.B. ein Hotel oder ein Restaurant, erreichen. Sie verbinden sich über ihr Handy, das über 3G- und AGPS-Funktionen verfügt, mit einem im Netzwerk eingesetzten Server, der den Benutzern die aktuellen digitalen Karten und relevante Daten, z.B. eine Hotel- und Restaurantdatenbank etc., sowie die Assistenzdaten für den AGPS-Dienst zur Verfügung stellt. Daraufhin erhalten sie eine Anleitung, obwohl sie im Auto sitzen oder sich in der Abschattung hoher Gebäude befinden.

Wenn man einen Freund treffen will, kann man ihn einfach telefonisch über das Handy kontaktieren. Seine Position kann (nach seiner Einwilligung) sekundenschnell auf dem Handybildschirm mit einer Karte visualisiert werden.

### 3.2 Logistiknavigation und Eigentumsüberwachung

Für eine grosse Logistik- oder Transportfirma ist es von grosser Wichtigkeit, ihren zugehörigen Fuhrpark und ihr Personal in Echtzeit zu verwalten und zu disponieren (China Unicom). Beispielsweise kann eine Taxifirma ihre Wagen kontrollieren und in der Zentrale auf dem Computerbild-

schirm anzeigen, sofern diese ihre AGPS-Handies einschalten. Auf Kundenwunsch kann die Zentrale das nächstgelegene Taxi anfordern (Abb. 4).

Ein abgestelltes wertvolles Automobil kann mittels der AGPS-Technik automatisch überwacht werden. Das im Auto befindliche eingeschaltete Überwachungsgerät mit AGPS-Funktion könnte sofort Alarm auslösen, wenn sich der Wagen unbefugt bewegt (Snap Track 2006).

### 3.3 Notfallewendungen

Die wichtigste Aufgabe der AGPS-Technik sind die «Emergency Events Applications». Für die Sicherheit von Kindern und Schutzbefohlenen kann leicht gesorgt werden, wenn diese ein mit AGPS-Technik ausgerüstetes Gerät bei sich tragen. Die Verantwortlichen können jederzeit feststellen, wo sich die Personen befinden und ob sie in Sicherheit sind (Snap Track 2006).

### 3.4 Katastrophenanwendungen

Die beiden folgenden Anwendungen sind derzeit in China von grossem Interesse.

#### 3.4.1 Rettung vor Hochwasser

Um vom Hochwasser eingeschlossene Personen rechtzeitig retten zu können, muss man derzeit mit hohem Aufwand Suchmissionen einleiten. Aber es gestaltet sich schwierig, die sich in Gefahr befindenden Menschen möglichst frühzeitig zu finden. Mit AGPS kann ihre Position mit Hilfe des Funknetzes entweder auf dem Handy oder im AGPS-Server ausgewertet werden. Dann wird diese Position sofort zum Rettungsteam geschickt. Ausserdem sollte dem Rettungsteam auch ein mit GPS/AGPS-Funktion ausgerüstetes Tracking-Gerät zur Verfügung stehen, um die von der Zentrale übermittelten Ziele zügiger erreichen zu können.

#### 3.4.2 Frühwarnung vor Eisstössen

Wenn im Winter die Temperatur am Oberlauf eines Flusses höher als am Unterlauf ist, wird das Eis am Oberlauf zu schmelzen beginnen, während es am Unterlauf noch gefroren bleibt. Dabei kommt es unter Umständen zu einem Stau von riesi-

gen Eisblöcken. Wenn diese Eisblöcke nicht rechtzeitig gesprengt werden, können sie Brücken zerstören oder gemeinsam mit dem Flusswasser übers Ufer treten und eine Katastrophe auslösen. Man kann mit der AGPS-Technik die Position der Eisblöcke permanent verfolgen und rechtzeitig Massnahmen treffen (abayfor 2006).

#### Literatur:

Arbeitsgemeinschaft der Bayerischen Forschungsverbände (abayfor), 2006  
[www.abayfor.de/abayfor/\\_media/pdf/Veranstaltungen/Galileo/poster\\_22.pdf](http://www.abayfor.de/abayfor/_media/pdf/Veranstaltungen/Galileo/poster_22.pdf).

China Unicom: [www.myuni.com.cn/lbs/lbs8.aspx](http://www.myuni.com.cn/lbs/lbs8.aspx).

Diggelen, Frank van; Abraham, Charles: Indoor GPS Technology, Global Locate, Inc., 2001.  
[www.globallocate.com/SEMICONDUCTORS/5emi\\_Libr\\_Piece/IndoorGPSTechnology.pdf](http://www.globallocate.com/SEMICONDUCTORS/5emi_Libr_Piece/IndoorGPSTechnology.pdf).

Djuknic, Goran M.; Richton, Robert E.: Geolocation and Assited GPS, Bell Laboratories, Lucent Technologies, Volum34, Issue2, February 2001.

[www.cs.huji.ac.il/course/2004/postPC/docs/Geolocation\\_assistedGPS.pdf](http://www.cs.huji.ac.il/course/2004/postPC/docs/Geolocation_assistedGPS.pdf)

Eissfeller, Bernd; Teuber, Andreas; Zucker, Peter: Untersuchung zum GPS-Satellitenempfang in Gebäuden, AVN 4/2005.

Eissfeller, Bernd; Teuber, Andreas; Zucker, Peter: Indoor- GPS: ist der Satellitenempfang in Gebäuden möglich?, ZfV, 4/2005.

[www.fujitsu-fme.com/news/press/show/560/218/](http://www.fujitsu-fme.com/news/press/show/560/218/).

Hojdonk, Andreas van [www.gps-practice-and-fun.com/a-gps.html](http://www.gps-practice-and-fun.com/a-gps.html).

[www.inside-handly.de/lexikon/A/557/A-GPS/](http://www.inside-handly.de/lexikon/A/557/A-GPS/).

[www.kowoma.de/gps/Genauigkeit.htm](http://www.kowoma.de/gps/Genauigkeit.htm), 2005.

Preis, Sebastian: Prototypische Entwicklung eines Wireless Assisted GPS mit Niedrigpreis-Empfänger. Diplomarbeit Technische Universität München, unveröffentlicht, 2005.

Sheynblat, Len: Wireless Assisted GPS, Personal Location for GSM and GSM Evolution, January 2001. [www.3gpp.org/ftp/workshop/Archive/0101LCS/Docs/PDF/LCS-010004.pdf](http://www.3gpp.org/ftp/workshop/Archive/0101LCS/Docs/PDF/LCS-010004.pdf).

Snap Track Inc., 2006: [www.snaptrack.com/impact/index.jsp](http://www.snaptrack.com/impact/index.jsp).

Wieser, Andreas; Hartinger, Horst: High-sensitivity GPS: Technologie und Anwendungen, Schriftenreihe des DVW, Bd. 49, S.251–274, Wissner Verlag, Augsburg, 2006.

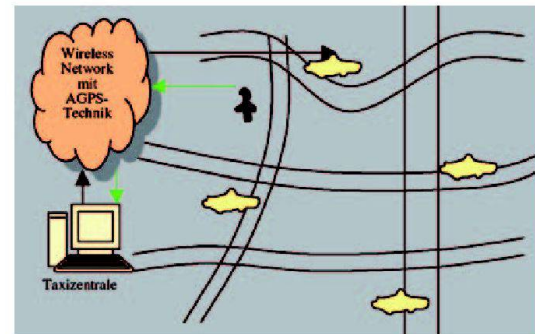


Abb. 4: Dispatching von Taxis durch AGPS-Technik.

Wunderlich, Thomas: Mobilfunkgestützte Positionierung mit GPS, Festschrift Hans Pelzer, WAFV, Nr. 250, S. 205–210, Hannover, 2004.

Wunderlich, Thomas; Schäfer, Thomas: Neuartige Ortungstechniken – Konzepte und Tatsachen, Schriftenreihe des DVW, Bd. 45, S. 113–125, Wissner Verlag, Augsburg, 2004.

Wunderlich, Thomas; Preis, Sebastian; Su, Chengling: Wireless Assisted GPS – technische Möglichkeiten und notwendige Infrastruktur, Schriftenreihe des DVW, Bd. 49, S. 241–250, Wissner Verlag, Augsburg, 2006.

Zhou, Zh.; Yi, J.: Theorien und Anwendung von GPS. Der Verlag für Vermessung und Kartographie. Beijing, 1997.

Dipl.-Ing. Chengling Su

Dr.-Ing. Wolf Barth

Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Wunderlich

Lehrstuhl für Geodäsie

Technische Universität München

Arcisstrasse 21

DE-80290 Muenchen

[chengling.su@bv.tum.de](mailto:chengling.su@bv.tum.de)

M.Sc. Yimei Liu

The Univesity for Engineering of Shandong Province

The Institut for Surveying

Lishandong Street 49

250013 Jinan PR China