

# Lokalisierung in Mobilfunknetzen

Ausarbeitung zum Seminar:  
Anwendungsfelder der Mobilen Kommunikation

von Michael Stier

Juni 07

# **Inhaltsverzeichnis**

## **1 Einleitung**

1.1 Motivation/Wozu braucht man Lokalisierung

## **2 Lokalisierungstechniken**

2.1 COO

2.2 CGI-TA

2.3 E-CGI

2.4 TOA

2.5 TDOA

2.6 E-OTD

2.7 A-GPS

## **3 Reale Umsetzung/Architekturen**

3.1 O2 Genion Homezone

3.2 Nokia: mPosition Solution

3.3 Ericsson: Mobile Positioning System (MPS)

3.4 Siemens: Serving Mobile Location Center (SMLC)

## **4 Zusammenfassung**

## **5 Quellen**

# 1 Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Lokalisierung in Mobilfunknetzen, also Techniken, die von Handys und Smart Phones genutzt werden können. Techniken die eine Genauigkeit von unter einem Meter erreichen, wie etwa bei Landvermessungen, sind heutzutage durch diese Geräte nicht möglich und werden somit auch nicht betrachtet.

## 1.1 Motivation/Wozu braucht man Lokalisierung

Der Ursprung der Lokalisierung liegt in den USA. Dort hat die Federal Communications Commission (FCC) beschlossen, dass alle mobilen Notrufe (911) mit einer gewissen Genauigkeit geortet werden sollen. Daraufhin wurden unterschiedlichste Verfahren entwickelt um dieses Ziel zu erreichen.

Außerhalb der USA gab es auch dieses Forschungsgebiet, allerdings wurde es dort hauptsächlich von kommerziellen Faktoren getrieben, um das Dienstangebot des Netzbetreibers zu erweitern und einen Mehrwert zu schaffen, für den der Kunde bezahlt.

Die durch diese Technologie möglichen Services nennt man Location Based Services (LBS). Sie lassen sich, nach dem Anspruch an Genauigkeit des Lokalisierungsverfahrens, in drei Klassen unterteilen. So reicht Diensten, wie Flottenmanagement und Verkehrswarnungen, eine Genauigkeit von einigen Kilometern.

Die zweite Klasse umfasst Dienste mit einem Genauigkeitsanspruch von einigen hundert Metern. Solche sind z.B. Notrufortung oder ortsbezogene Informationsdienste, die Werbung und Sonderangebote von in der Nähe befindlichen Geschäften anzeigen.

Die letzte Klasse benötigt eine Genauigkeit von wenigen Metern z.B. ortsabhängige Zahlung auf öffentlichen Parkplätzen oder Schritt-für-Schritt-Navigation.

## 2 Lokalisierungstechniken

In diesem Kapitel werden die am häufigsten genutzten Lokalisierungsverfahren im Detail vorgestellt. Es wird auf Funktionsweise, Genauigkeit sowie Vor- und Nachteile eingegangen.

Die Techniken sind in zwei Klassen eingeteilt. Bei netzbasierte Techniken nimmt das Endgerät nicht aktiv an der Positionsbestimmung teil, sondern muss höchstens Signale senden. Solche Verfahren werden als erstes betrachtet. Anschließend wird auf die Terminalbasierten Verfahren eingegangen. Bei diesen nimmt das Endgerät aktiv an der Lokalisierung teil, in dem es Zeiten misst oder selbst die Position berechnet. Innerhalb dieser Klassen sind die Verfahren nach Genauigkeit geordnet. Weiterführende Literaturen zu diesen Verfahren sind in den Quellen [1-4] zu finden.

### 2.1 COO

Das Cell Of Origin Verfahren, welches auch als Cell-ID oder Cell Global Identity bekannt ist, ist das einfachste und ungenaueste Verfahren, wird allerdings häufig als Grundlage komplexerer Verfahren genutzt.

Die Grundlage dieser Technik ist, dass ein Handy in regelmäßigen Abständen die Signalstärke aller Basisstationen in Reichweite bestimmt und sich dann bei der einbucht, welche die

höchste Signalstärke hat. Im Normalfall ist das die Basisstation mit dem kürzesten Abstand zum Handy. Der Basisstation ist natürlich bekannt, welche Handys sich bei ihr eingebucht

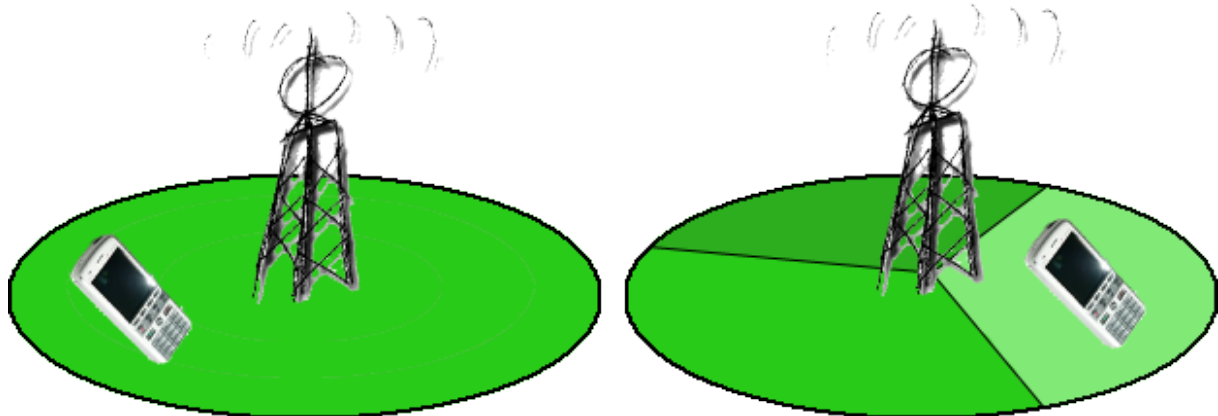


Abb. 1 COO Standard Zelle

Zelle in Sektoren aufgeteilt

haben. Somit muss nur in einer Datenbank des Netzbetreibers anhand der ID der Basisstation die Position dieser ausgelesen werden. Die so ermittelte Position wird dem Handy zugeschrieben. Die Größe des Fehlers dieser Positionsschätzung ist davon abhängig wie groß die Zelle (Einzugsbereich) der Basisstation ist. Der Radius einer Zelle kann in dicht besiedelten Großstädten ab 100 m und in dünn besiedelten ländlichen Gebieten bis zu 35 km groß sein. Eine Verbesserung dieser Technik wird durch Richtfunk-Antennen an der Basisstation erreicht. Auf diese Weise wird die Zelle in meist drei Sektoren unterteilt. Die Basisstation weiß dann in welchem Sektor sich das Handy befindet und kann dessen Aufenthaltsort auf ein Drittel der Zellfläche eingrenzen, siehe Abbildung 1.

Die Vorteil dieses Verfahrens ist ein sehr geringer Bereitstellungspreis, da nur die Datenbank benötigt wird und alles anderen in einem Mobilfunknetz schon vorhanden ist. Weiterhin funktioniert das Verfahren mit alle Handys, benötigt Kontakt zu nur einer Basisstation und funktioniert in Gebäuden.

Nachteile sind der große Fehler (städtischer Bereich durchschnittlich 2 km, ländlicher Bereich durchschnittlich 15 km), der zudem noch sehr variabel ist. Außerdem ist es möglich, dass sich das Handy nicht in der am nächsten gelegenen Basisstation eingebucht hat.

## 2.2 CGI-TA

Das Cell Global Identity – Timing Advance Verfahren ist eine Erweiterung des COO Verfahrens um den Timing Advance Parameter. Er wird durch die Schleifenlaufzeit eines Signals von der Basisstation zum Handy und zurückermittelt. Aus dieser Dauer kann die Entfernung des Handys zur Basisstation berechnet werden. Da allerdings das Handy eine Verzögerung, zwischen Empfang und Zurücksenden des Signals, verursacht wird die Entfernung nicht genau bestimmt, sondern nur in Bereichen von 550m geschätzt.

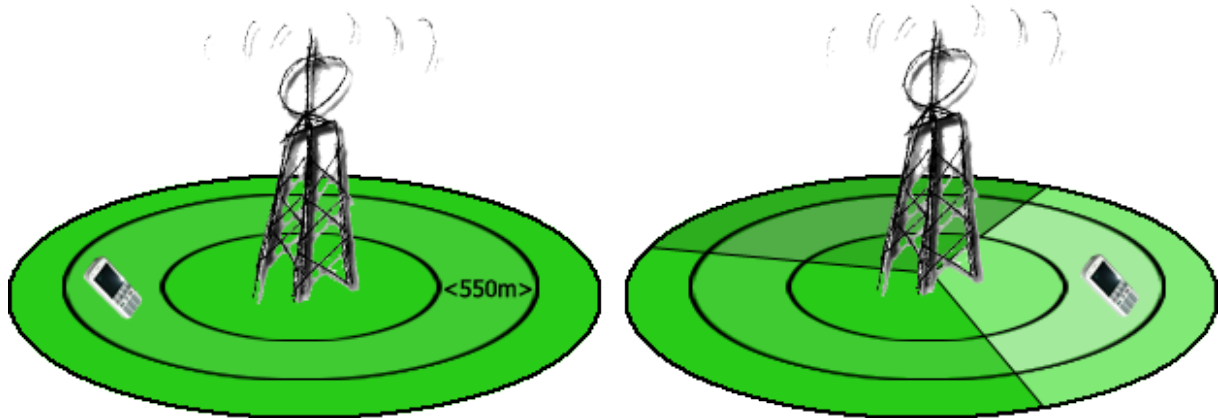


Abb. 2 CGI-TA

Daraus ergeben sich Kreisbereiche mit jeweils 550m Radiusunterschied. Abbildung 2 zeigt, wie der gemessene Timing Advance Parameter genutzt wird, um die Position des Handys in einer Zelle auf einen Kreisbereich eingeschränkt wird.

Im Falle einer Zelle, die nicht in Sektoren eingeteilt ist, bringt diese Technik keinen großen Vorteil gegenüber des COO Verfahrens, da trotzdem noch die Position der Basisstation als Handyposition angegeben werden muss. Es kann jedoch ermittelt werden, wenn sich das Handy nicht in die am nächsten gelegene Basisstation eingebucht hat. Im Falle einer Unterteilung, kann man die Handyposition um eine gewisse Entfernung in Richtung des Sektors angeben und so eine genauere Positionsbestimmung erreichen.

Die Vor und Nachteile dieser Technik sind ähnlich der COO Technik, mit dem Unterschied, dass die Bereitstellung etwas teurer ist aber dafür die Genauigkeit etwas erhöht wurde. Der Fehler der Positionsbestimmung ist allerdings immer noch stark mit dem Zellradius verbunden.

### 2.3 E-CGI



Abb. 3 E-CGI

Das Enhanced Cell Global Identity Verfahren ist wiederum eine Verbesserung von CGI-TA. Dieses Verfahren nutzt zusätzlich Signalstärken, die vom Handy und den Basisstationen in Reichweite ermittelt werden. Die gesammelten Daten werden dann mit geografischen Karten, erweiterten Wahrscheinlichkeitsmodellen und statistischen Informationen kombiniert. Damit kann, wie in Abbildung 3 gezeigt, die Position des Handys auf den Kreisbereichen weiter eingeschränkt werden und die Genauigkeit weiter erhöht werden.

Die Merkmale dieses Verfahrens sind eine wiederum erhöhte Genauigkeit in den meisten Fällen. Da aber Signalstärken mit benutzt werden, die bei Hindernissen sehr stark variieren, ist das Verfahren in Gebäuden weniger geeignet.

## 2.4 TOA

Das als Time Of Arrival bekannt Verfahren ist nicht mehr, wie die ersten drei Verfahren, von der Zellgröße abhängig. Dafür sind hierzu mindestens drei Basisstationen in Reichweite des Handys nötig, die zudem noch alle untereinander und mit dem Handy zeitlich genau synchronisiert sein müssen.

Zur Positionsbestimmung wird dann ein Signal mit Zeitstempel vom Handy ausgesendet. Die Basisstationen können dann anhand der Ankunftszeit des Signals und des Zeitstempels die Signallaufzeit bestimmen und diese dann in eine Entfernung umrechnen. Das Handy muss sich ungefähr auf einem Kreis, mit der errechneten Entfernung als Radius, befinden.

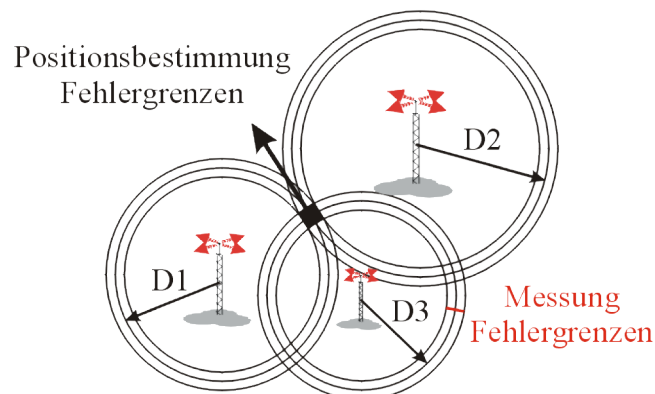


Abb. 4 TOA ([4]Seite 13)

Die genaue Position des Handys liegt dann, wie in Abbildung 4 zu sehen, auf dem Schnittpunkt von mindestens 3 solcher Kreise.

Die Genauigkeit kann mit durchschnittlich 125m angegeben werden, ist aber abhängig von örtlichen Gegebenheiten und der Anzahl im Empfangsbereich befindlicher Basisstationen. Sind dies mehr als drei können die zusätzlichen zur Fehlerkorrektur benutzt werden.

Die Vorteile des Verfahrens sind, dass keine zusätzlichen Handykomponenten nötig sind, das Verfahren auch in Gebäuden funktioniert und die relativ hohe Genauigkeit.

Nachteile sind, dass mindestens drei Basisstationen in Reichweite sein müssen und die Synchronisation sehr kostenintensiv ist.

## 2.5 TDOA

Das Time Difference Of Arrival Verfahren funktioniert ähnlich dem TOA Technik. Es werden auch hierbei mindestens drei Basisstationen benötigt. Das Handy muss hier allerdings nicht mit den Basisstationen synchronisiert sein.

Zur Berechnung der Position wird wieder ein Signal vom Handy zu den Basisstationen geschickt. Diese vergleichen dann die Zeitstempel zu denen sie das Signal empfangen haben miteinander. Aus den Zeitdifferenzen und der bekannten Position dieser Basisstationen kann dann die Position des Handys errechnet werden.

Der Fehler des Verfahrens liegt durchschnittlich bei 50 – 150m.

Die Vorteile und Nachteile entsprechen denen von TOA, mit dem Unterschied, dass nur die Basisstationen untereinander synchronisiert werden müssen.

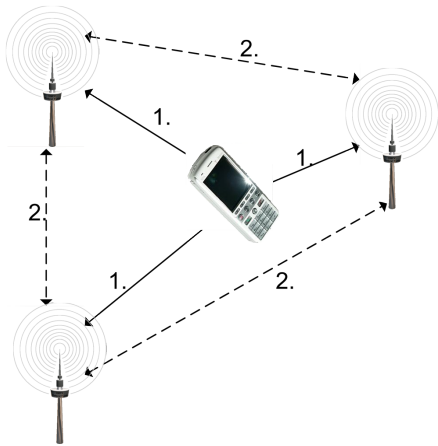


Abb. 5 TDOA

## 2.6 E-OTD

Enhanced Observed Time Difference funktioniert grundsätzlich wie TDOA. Der einzige Unterschied liegt darin, dass die Signale gleichzeitig bzw. mit bekanntem Offset von den Basisstationen gesendet werden und das Handy die Differenzen der Ankunftszeiten misst. Die Positionsberechnung geschieht dann genau wie beim TDOA. Da hier das Handy eine entscheidende Rolle spielt zählt dieses Verfahren zu den terminalbasierten Verfahren.

Die Genauigkeit liegt durchschnittlich zwischen 60 und 200m und ist somit geringfügig schlechter als von TDOA, was wohl auf die ungenauere Zeitmessung der Handys zurückzuführen ist.

Die Merkmale entsprechen denen von TDOA, mit dem Unterschied, dass Handys zusätzliche Software benötigen.

## 2.7 A-GPS

Das Assisted Global Positioning System ist eine Erweiterung von GPS und ist die genaueste aller bis heute möglichen Techniken.

GPS besteht aus 24 Satelliten, die so um die Erde aufgeteilt sind, dass von jeder Position aus theoretisch mindestens 3 Satelliten sich in Sichtkontakt befinden. Die Satelliten sind durch hochpräzise Atomuhren synchronisiert. Die benutzte Lokalisierungstechnik basiert auf TOA.

GPS hat jedoch zwei Nachteile. Eine einmalige Ortung dauert sehr lange, da davon ausgegangen werden muss, dass der GPS-Empfänger sich auf dem ganzen Globus befinden kann und somit alle Satelliten auf Verbindung überprüft werden müssen. Des Weiteren funktioniert GPS nicht überall, da die Sendeleistung recht gering ist und es von daher in Häuserschluchten oder in Gebäuden zu Signalverlust oder sonstigen Abweichungen kommen kann.

Diese Nachteile werden beim A-GPS ausgeglichen, in dem die Basisstation, in die das Handy eingebucht ist, Daten der Satelliten an das Handy schickt, die von ihm auch gesehen werden. Dadurch wird die Verbindungsaufnahme zu den entsprechenden Satelliten wesentlich beschleunigt. Danach wird eine normale GPS-Ortung durchgeführt. Nach erfolgreicher Positionsbestimmung nimmt die BTS noch eine abschließende Fehlerkorrektur vor, um so die Genauigkeit noch zu erhöhen.

Die Verfügbarkeit wird dadurch erhöht, dass das Handy nicht unbedingt die Daten der Satelliten lesen muss, sondern nur die Ankunftszeit messen und erkennen muss, dass es sich

um Satellitendaten handelt. Die dazu nötige Signalstärke kann bis zu 30 dB kleiner sein. Die eigentlichen Daten können dann von Referenzantennen gelesen werden.

Der Fehler unter freiem Himmel liegt bei ca. 3-10m und in Städten bei ca. 20-50m.

Die Vorteile dieses Verfahrens sind seine hohe Genauigkeit. Nachteile sind jedoch, dass das Handy einen GPS Empfänger haben muss, was mit höheren Kosten verbunden ist. Weiterhin ist es immer noch möglich, dass das Verfahren in Gebäuden nicht funktioniert.

### **3 Reale Umsetzung/Architekturen**

Nahezu jeder große Infrastrukturhersteller bietet heute Lösungen zur Ortsbestimmung an. In diesem Kapitel werden drei solcher Architekturen näher beschrieben, die von den Netzbetreibern eingekauft werden können um ihren Servicebereich zu erweitern. Begonnen wird allerdings mit der ersten in Deutschland eingesetzten Lokalisierungslösung.

#### **3.1 O2 Genion Homezone**

Die O2 Genion Homezone [5], die damals noch dem Netzerkanbieter VIAG gehörte, war Deutschlands Vorreiter für ortsbezogene Dienste. Das System basiert auf dem COO Verfahren und ist somit sehr ungenau.

Der Kunde kann sich bei Vertragsabschluß seine Homezone aussuchen. Diese besteht aus einer beliebigen Position und einem garantierten Radius von 500m. Durch clevere Wahl dieser Position, etwa an den Grenzen mehrerer Funkzellen, ist es möglich eine sehr viel größere Homezone zu bekommen.

In der Homezone kann der Kunde billiger telefonieren und surfen und ist zudem noch, durch eine zusätzliche Festnetznummer, von anderen günstiger zu erreichen.

#### **3.2 Nokia: mPosition Solution**

Die mPosition Solution [6] ist Nokias Architektur zur Bereitstellung von Lokalisierungsverfahren für Netzbetreiber. Ihre zentrale Komponente ist das intelligent Gateway Mobile Location Center. Seine primäre Aufgabe ist die Ermöglichung von Ortsdatenzugriffen externer Anwendungen. Die Kommunikation mit diesen Anwendungen geschieht über eine SSL verschlüsselte HTTP Verbindung mit XML Format. Ob die Anwendung auf die Daten zugreifen darf, entscheidet der im iGMLC enthaltene Privacy Manager. Ihm kann der Handybesitzer angeben, wie, wann und von wem er geortet werden will. Eine ähnliche Aufgaben hat das Mobile Switching Center. Es prüft die Autorisierung mobiler Teilnehmer und regelt die Lokalisierungsanfragen. Das Home Location Register beinhaltet Teilnehmerdaten und Routing-Informationen zum Erreichen des Teilnehmers. Der Base Station Controller koordiniert die benötigten Ressourcen, die zur Lokalisierung benötigt werden und führt die Positionsberechnung durch. Die Location Measurement Unit ist eine Zusatzkomponente für jede Basisstation. Sie wird nur für die E-OTD Technik benötigt. Dafür führt sie radio interface timing (RIT)-Messungen durch und ermöglicht die zeitliche Synchronisation der Basisstationen.

Die Architektur unterstützt die Verfahren COO, CGI-TA, E-CGI, E-OTD und A-GPS. Sie bietet eine große Auswahl interner Anwendungen und unterstützt externe durch eine LCS Client API.



### 3.3 Ericsson: Mobile Positioning System (MPS)

Das Mobile Positioning System [7] ist eine gleichwertige Architektur von Ericsson. Sie besteht hauptsächlich aus zwei Komponenten, dem Gateway Mobile Positioning Center (GMPC) und dem Serving Mobile Positioning Center (SMPC), so wie Erweiterungen am GSM-Netz. Das GMPC nimmt Positionierungsanfragen entgegen und führt prüft die Autorisierung dieser Anfrage. Danach leitet es die Anfrage per GSM-Netz an das SMPC weiter. Dieses sammelt dann die benötigten Positionsinformationen aus dem GSM Netzwerk und berechnet daraus die Koordinaten. Die errechnete Position wird dann an das GMPC zurückgegeben, welches sie zur anfragenden Anwendung weiterleitet. Die Kommunikation des GMPC mit der Anwendung findet mit Hilfe eines standardisierten Mobile Location Protocol statt.

Die unterstützten Verfahren sind COO, CGI-TA, E-CGI, TDOA und A-GPS.

Auch diese Architektur bietet unterschiedlichste Services, unterstützt externe Anwendungen mit einer kostenlosen open API. Zusätzlich werden auch Räumliche Trigger unterstützt. Dies ist eine Funktion, die automatisch eine Anwendung benachrichtigt, wenn eine Handy eine bestimmte Region betritt, verlässt oder in die Nähe eines anderen Handys kommt.

### 3.4 Siemens: Serving Mobile Location Center (SMLC)

Das Serving Mobile Location Center [8] ist ein sehr zentraler Ansatz einer Lokalisierungsarchitektur. Das SMLC bestimmt auf der Basis der angeforderten Dienstgüte, Fähigkeiten des Netzes und standortabhängigen Fähigkeiten der Mobilstation das für die Positionierung zu verwendende Verfahren und gibt es an die anfordernde Anwendung zurück. Zusätzlich steuert und verwaltet es den Gesamtbedarf an Ressourcen für die Berechnung einer Position.

Unterstützte Verfahren sind CGI-TA, E-CGI, A-GPS

## 4 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden Lokalisierungstechniken vorgestellt. Bei der Wahl eines Verfahrens besteht meist ein Tradeoff zwischen Genauigkeit und Kosten. Weiterhin unterscheiden sich die Verfahren darin, wie viele erreichbare Basisstationen sie benötigen, ob sie in Gebäuden funktionieren und ob sie besser in Städten oder auf dem Land einzusetzen sind.

Zum Schluss wurden Architekturen vorgestellt, die einen Teil der beschriebenen Techniken beherrschen, jedoch zu mindest in Deutschland noch nicht vollständig eingesetzt werden.

## 5 Quellen

- [1]Uwe Baumgarten, Helmut Krcmar, Ralf Reichwald, Johann Schlichter: „Community Online Services And Mobile Solutions - Projektstartbericht des Verbundvorhabens COSMOS“, TUM-I0105 Oktober 01  
<http://www11.in.tum.de/publications/pdf/Baumgarten2001.pdf>
- [2]Roman Grutza, Long Zhao: „Lacation Based Services“, Seminararbeit, SS2004  
<http://www4.in.tum.de/lehre/seminare/tdmk/ss04/folien/LBS/ausarb2.pdf>

- [3]Ludger Lecke: „Positionierung von Mobiltelefonen“, Seminararbeit, 24.12.04  
[http://wwwcs.uni-paderborn.de/cs/ag-kao/de/teaching/ws04/pg\\_lbs/Seminarausarbeitungen/Lecke.pdf](http://wwwcs.uni-paderborn.de/cs/ag-kao/de/teaching/ws04/pg_lbs/Seminarausarbeitungen/Lecke.pdf)
- [4]Michael Grigat: „Innovative Lokalisierungsverfahren in Mobilfunknetzen zur Mobilitätsunterstützung im Bereich des öffentlichen Personenverkehrs“, Konferenzbeitrag, 19.04.02  
[http://www.ziv.de/download/fiv4/Grigat\\_Lokalisierungsverfahren.pdf](http://www.ziv.de/download/fiv4/Grigat_Lokalisierungsverfahren.pdf)
- [5]O2 Genion Homezone, Internetartikel des Herstellers  
<http://www.o2online.de/nw/support/hilfe/genion/homezcheck/index.html>
- [6]Nokia: mPosition Solution, Dokumentation, 2002  
[http://www.forum.nokia.com/info/sw.nokia.com/id/4e344e51-50b9-4884-8d12-27ba9650fb7e/Nokia\\_mPosition\\_Solution\\_Descriptionv1\\_0.pdf.html](http://www.forum.nokia.com/info/sw.nokia.com/id/4e344e51-50b9-4884-8d12-27ba9650fb7e/Nokia_mPosition_Solution_Descriptionv1_0.pdf.html)
- [7]Ericsson: Mobile Positioning System, Internetartikel des Herstellers  
[http://www.ericsson.com/mobilityworld/sub/open/technologies/mobile\\_positioning/about/mps\\_system\\_overview](http://www.ericsson.com/mobilityworld/sub/open/technologies/mobile_positioning/about/mps_system_overview)
- [8]Siemens: Serving Mobile Location Center, Internetartikel des Herstellers  
<http://www.networks.siemens.com/voip/mn-de/produkte-loesungen/serving-mobile-location-center/serving-mobile-location-center.html>