

Technische Universität München  
Institut für Geodäsie, GIS und Landmanagement  
Lehrstuhl für Geodäsie



**Anwendungspotenzial**  
**der mobilfunkgestützten Satellitenpositionierung**  
**(A-GNSS) zur Frühwarnung und Rettung**  
**bei Hochwasser- oder Eisstoßkatastrophen**

Dipl.-Ing. (Univ.) Chengling Su

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Technische Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzende: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Liqiu Meng  
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Wunderlich  
2. Ao. Univ.-Prof. Dr.techn. Robert Weber  
Technische Universität Wien / Österreich

Die Dissertation wurde am 13.08.2007 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen am 11.10. 2007 angenommen.

# Inhaltsverzeichnis:

<b>Inhaltsverzeichnis:</b> .....	<b>ii</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<i>Deutsch</i> .....	<i>1</i>
<i>Englisch</i> .....	<i>3</i>
<i>Chinesisch</i> .....	<i>4</i>
<b>Kapitel 1. Einführung</b> .....	<b>5</b>
<b>Kapitel 2. Grundlagen der Navigationssysteme</b> .....	<b>10</b>
2.1. <i>GPS</i> .....	<i>10</i>
2.1.1. <i>GPS-Signale</i> .....	<i>10</i>
2.1.1.1. <i>GPS-Signalträger L1 und L2</i> .....	<i>10</i>
2.1.1.2. <i>GPS-C/A-Code</i> .....	<i>11</i>
2.1.1.3. <i>GPS-Signalstärke</i> .....	<i>11</i>
2.1.2. <i>GPS-Navigationsdaten</i> .....	<i>12</i>
2.1.3. <i>Signalakquisition und- tracking</i> .....	<i>12</i>
2.1.3.1. <i>GPS-Signalakquisition</i> .....	<i>12</i>
2.1.3.2. <i>GPS-Signaltracking</i> .....	<i>14</i>
2.1.4. <i>Pseudorange- oder Code-Messung</i> .....	<i>14</i>
2.1.4.1. <i>Pseudo-Range Navigation</i> .....	<i>15</i>
2.1.4.2. <i>Die geometrische Einflussfaktoren zur GPS-Codemessung</i> .....	<i>16</i>
2.1.5. <i>GPS-Fehlereinflüsse</i> .....	<i>18</i>
2.1.5.1. <i>UERE (User Equivalent Range Error)</i> .....	<i>19</i>
2.1.5.1.1. <i>Satellitenfehler--Ephemeridenfehler und Satellitenuhrenfehler</i> .....	<i>19</i>
2.1.5.1.2. <i>Signalausbreitungsfehler</i> .....	<i>19</i>
2.1.5.2. <i>UEE (User Equipment Errors)</i> .....	<i>21</i>
2.1.6. <i>GPS-Zeit</i> .....	<i>21</i>
2.1.7. <i>Code-Phase Differential GPS</i> .....	<i>21</i>
2.1.8. <i>Modernisierung des GPS-Systems</i> .....	<i>22</i>
2.1.8.1. <i>Erweiterung bestehender und neue Frequenzen</i> .....	<i>22</i>
2.1.8.2. <i>Erweiterung des Kontrollsegments</i> .....	<i>24</i>
2.2. <i>GALILEO</i> .....	<i>24</i>
2.2.1. <i>Raumsegment von GALILEO</i> .....	<i>25</i>
2.2.2. <i>GALILEO Dienste</i> .....	<i>25</i>
2.2.3. <i>Galileo-Signale</i> .....	<i>26</i>
2.3. <i>Konkurrenz und Kompatibilität zwischen GPS und Galileo</i> .....	<i>27</i>
2.4. <i>GPS-Modernisierung und Galileo für Urban- und Indoor-Bereich</i> .....	<i>28</i>
2.4.1. <i>Urbane Schluchten</i> .....	<i>28</i>

2.4.2. Unterstützung bei Indoor Signalen.....	28
2.5. <i>GLONASS</i> .....	30
2.5.1. Der Überblick über das System.....	30
2.5.2. Aufbauverlauf .....	30
2.5.3. Genauigkeiten und Nutzung.....	31
2.6. <i>Das chinesische Satellitennavigationssystem Beidou</i> .....	31
2.6.1. die erste Strategie von Beidou: das Overlay System.....	31
2.6.1.1. Überblick.....	31
2.6.1.2. Prinzip der Positionierung mit zwei Satelliten .....	32
2.6.1.3. Vorgehensweise der Positionierung im Beidou-System .....	33
2.6.1.4. Vergleich mit anderen GNSS.....	35
2.6.1.5. Anwendungsbereiche von Beidou.....	36
2.6.1.6. Endgeräte für Kunden .....	36
2.6.1.6.1. zentrale Anlage für Gruppenkunden.....	36
2.6.1.6.2 . Endgeräte des Beidou-Systems .....	36
2.6.2. die zweite Strategie von Beidou: das COMPASS.....	37
<b>Kapitel 3. Mobilfunkgestützte Geolokalisationsmethoden .....</b>	<b>38</b>
3.1. <i>Überblick</i> .....	38
3.2. <i>Geolokalisationsmethoden auf Basis einer Mobilstation</i> .....	38
3.2.1. E-OTD (Enhanced Observed Time Difference).....	38
3.2.2. OTDOA (Observed Time Difference of Arrival).....	39
3.3. <i>Netzbasierte Geolokalisationsmethoden</i> .....	39
3.3.1. Cell-ID .....	39
3.3.2. TOA (Time of Arrival) .....	39
3.3.3. TDOA (Time Difference of Arrival).....	40
3.3.4. AOA (Angle of Arrival).....	40
3.3.5. A-FLT (Advanced Forward Link Trilateration).....	40
3.4. <i>Standards für Geolokalisationstechniken und A-GPS</i> .....	40
<b>4. Grundlagen der A-GPS Technik.....</b>	<b>42</b>
4.1. <i>Ursprung der A-GPS Technik</i> .....	42
4.1.1. Entwurf der A-GPS-Technik .....	42
4.1.2. E911 und E112.....	42
4.1.2.1. E911 .....	42
4.1.2.2. E112 .....	43
4.1.3. LBS (Location Based Services) .....	43
4.2. <i>Begriffserklärung</i> .....	44
4.3. <i>Signaldämpfung</i> .....	45
4.4. <i>Struktur eines A-GPS-Empfängers</i> .....	46
4.4.1. Chiplösung für A-GPS-Hardware.....	46

4.4.2. Digital Signal Processing (DSP) - Lösung für A-GPS .....	47
4.5. Signalakquisition .....	48
4.6. A-GPS - Algorithmen.....	51
4.7. Assistenzdaten.....	52
4.7.1. Time Stamp.....	52
4.7.2. Referenzstationsposition, Cell-ID und Almanach.....	53
4.7.3. Ephemeriden .....	53
4.7.4. Satellitenuhrkorrektur .....	53
4.7.5. Dopplereffekt (Frequenzverschiebung).....	53
4.7.6. Differential Korrektur .....	54
4.8. Modi von A-GPS.....	54
4.8.1. Mobile Station Based Mode.....	54
4.8.2. Mobile Station Assisted Mode.....	55
4.8.3. Netzverbundener Mode.....	56
4.8.4. Standalone.....	56
4.9. HS-GPS (High Sensitivity GPS).....	56
4.10. Long Term Orbit Technik (LTO) .....	57
4.11. Nutzerebene .....	58
4.12. Kontrollebene .....	58
4.13. A-GNSS - die neue Perspektive von A-GPS.....	58
4.14. W-GIS (Wireless GIS).....	59
4.15. W-GPS (Wireless GPS).....	60
4.16. Aided GPS.....	61
<b>Kapitel 5. A-GPS auf dem Markt.....</b>	<b>63</b>
5.1. Technische Möglichkeiten der Assistenz.....	63
5.1.1. Allgemeines .....	63
5.1.2. Almanach- und Dopplerverschiebungsinformation .....	63
5.1.3. Ephemerideninformation .....	64
5.1.4. Zeitinformationen .....	65
5.1.5. Entwicklung von A-GPS-Hardware.....	65
5.2. Lösungen von A-GPS auf dem Markt.....	65
5.2.1. Qualcomm und SnapTrack.....	65
5.2.2. Global Locate.....	67
5.2.2.1. Hybrid Positioning Module (HPM) mit Rosum TV-GPS und A-GPS-Chip Hammerhead .....	68
5.2.3. SiRF .....	69
5.2.4. eRide .....	70
5.2.5. Blue Sky Positioning - GPS SIM.....	70

5.3. Markttendenzen .....	70
5.4. A-GPS in Deutschland.....	70
5.5. A-GPS in Österreich.....	73
5.6. A-GNSS in der Schweiz --- u-blox.....	73
5.7. A-GPS in China. ....	75
<b>Kapitel 6. A-GPS bzw. A-GNSS Anwendungen .....</b>	<b>76</b>
6.1. Ortung und Navigation.....	76
6.1.1. Anwendungen für Mobilfunknutzer.....	76
6.1.2. Logistikkavigation und Eigentumsüberwachung .....	76
6.1.3. Notfall-Anwendungen.....	77
6.2. Tracking.....	77
6.2.1. Tracking von Touristen und ihren Führern mit gpsOne.....	77
6.2.2. Aufbau eines GPS-Geräts mit gpsOne-Chip.....	77
6.2.3. Media-GPS-Navigator XH-6A mit SirFIII .....	78
6.2.4. Maritimes Flotteninformationssystem mit gpsOne .....	78
6.3. Hochwasserschutz.....	79
6.3.1. Hochwassersituation .....	79
6.3.2. Hochwasserursachen.....	79
6.3.3. Häufigkeit und Ernst der Hochwasserkatastrophen .....	80
6.3.4. Hochwasser in China .....	80
6.3.5. Hochwasser in Europa .....	83
6.3.6. Das Seebeben im indischen Ozean .....	86
6.3.7. Überschwemmungen durch den Hurrikan Katrina in New Orleans.....	87
6.3.8. Hochwasser in Indien.....	88
6.3.9. Schlammstrom auf den Philippinen 2006 .....	88
6.4. Eisstöße.....	89
6.4.1. Einflussfaktoren bei der Entstehung von Eisstößen an Flüssen .....	89
6.4.2. Gefahrenpotenzial von Eisstößen.....	89
6.4.2.1. Das chinesische Flussnetz .....	89
6.4.2.2. Historische und aktuelle Eisstoß-Katastrophen.....	90
6.4.2.2.1. Der große Eisstoß der Donau in Österreich (1830) .....	90
6.4.2.2.2. Jährliche Eisstoßereignisse in China .....	90
6.4.3. Maßnahmen und Methoden zur Begegnung der Eisstoßbedrohungen.....	91
6.4.3.1. Normale Maßnahmen .....	92
6.4.3.2. Zerstörung von Eisfläche und Eisdamm.....	92
6.4.3.3. Satellitenbilder .....	92
<b>Kapitel 7 Frühwarnung und Rettung bei Hochwasser- oder Eisstoßkatastrophen.....</b>	<b>93</b>
7.1. Rettung von im Katastrophenfall eingeschlossenen Menschen mit A-GNSS-Technik.....	93
7.1.1. Aufbau der A-GNSS-Server.....	93

7.1.1.1. Entwurf zum Aufbau eines A-GNSS-Servers mit OMA SUPL Standards.....	93
7.1.1.2. Erweiterung des Entwurfs mit WGIS.....	95
7.1.1.3. Entwurf zum Aufbau eines Rettungszentrums mit OMA SCPL Standards.....	95
7.1.2. Gestaltung von Terminals für Rettungsteams und mobile Kunden.....	97
7.1.2.1. Gestaltung von Terminals für Rettungsteams.....	98
7.1.2.2. Gestaltung von A-GNSS-Handys.....	98
7.1.3. Konzept der Rettungsaktion mit A-GNSS-Technik.....	99
<i>7.2. Anwendungspotenzial der Kombination von BEIDOU- mit A-GNSS Technik im Hochwasserschutz.....</i>	<i>101</i>
7.2.1. Vorgehensweise mit Mobilfunknetz und Internetnetz:.....	101
7.2.2. Vorgehensweise bei Zusammenbruch des Mobilfunk-, Internet- und Festtelefonnetzes:.....	102
7.2.3. Vorgehensweise bei Absturz aller Infrastrukturen inklusive Kontroll- und Betriebsstation des Beidou-Systems.....	103
<i>7.3. Anwendungen in der Überwachung (Monitoring) für Hochwasser- oder Eisstoß.....</i>	<i>103</i>
7.3.1. Ultraschalltechnik sowie Bioenergie für A-GNSS-Anwendungen.....	103
7.3.1.1. Ultraschalltechnikanwendungen bei Wassertiefenmessung.....	103
7.3.1.1.1. Datenerfassensgerät:.....	104
7.3.1.1.2. Datenübertragungsgerät:.....	104
7.3.1.1.3. Stationslösung:.....	105
7.3.1.2. Dynamos/Bioenergie für A-GNSS-Geräte.....	106
7.3.1.2.1. Wasserenergie.....	106
7.3.1.2.2. Windenergien.....	106
7.3.1.2.3. Solarenergien.....	106
7.3.1.3. Solar -Handydisplay.....	107
7.3.1.4. Handdynamos.....	107
7.3.2. Aufbau einer Pegelstation.....	107
7.3.3. Aufbau einer Überwachungsstation.....	108
7.3.4. Aufbau eines A-GNSS-Überwachungsnetzes zum Hochwasser- und Eisstoßschutz.....	108
<i>7.4. Anwendungen des A-GNSS zur Frühwarnung vor Eisstoßbedrohung.....</i>	<i>110</i>
7.4.1. Eiszustandsermittlung mit A-GNSS-PDA.....	110
7.4.2. Überwachung des Eisstoßes.....	110
<b>Kapitel 8. Test des A-GPS-Chips in München.....</b>	<b>112</b>
8.1. Überblick über das System.....	112
8.1.1. Hardware.....	112
8.1.2. Software.....	113
8.1.3. Konfiguration des Computers.....	113
8.2. Testvorbereitung.....	113
8.2.1. Autonomous Modus.....	114
8.2.2. Mobile Station Based Modus.....	115
8.3. Testdurchführung.....	115
8.3.1. Im Studentenwohnheim.....	115

8.3.1.1. Auf dem Dach .....	115
8.3.1.2. Im Innenhof.....	116
8.3.1.3. Auf gemauertem Dachdurchgang.....	116
8.3.1.4. Auf Treppenabsatz im vierten Stock am Fenster.....	116
8.3.1.5. Auf Treppenabsatz im zweiten und ersten Stock sowie im Erdgeschoß .....	117
8.3.2. Am Hörsaalfenster im Hauptgebäude der TUM .....	117
8.3.2.1. Auotonomous Modus .....	117
8.3.2.2. Mobile Station Based Modus .....	117
8.3.3. Im Innenraum.....	117
8.3.4. Schlussfolgerung.....	117
<b>Kapitel 9. Experiment mit A-GPS-Anwendungen.....</b>	<b>119</b>
9.1. Vorbereitungen.....	119
9.1.1. Vorstellung der Dienste von Unicom China .....	119
9.1.1.1. BREW-Technik von U-MAP .....	119
9.1.1.2. NavigationStar.....	120
9.1.1.3. StaronMap.....	122
9.1.2. Ortswahl für Experiment.....	126
9.1.2.1. Historische Hochwassersituation in Jinan .....	126
9.1.3. Geräte.....	127
9.1.3.1. gpsOne und CDMA unterstützte Handys .....	127
9.1.3.2. Vorstellung des Geräts KZ860 für die Tests .....	127
9.1.4. Teilnehmer .....	127
9.1.5. Unterstützung von Firma Fangling GmbH.....	128
9.2. Durchführung .....	128
9.2.1. Aufteilung von Testumgebung und Testgebiete .....	128
9.2.2. Genauigkeitstests vom Handy mit gpsOne Chip.....	128
9.2.2.1. Tests im Innenraum.....	128
9.2.2.1.1. Sechsstöckiges Siedlungshaus .....	128
9.2.2.1.2. Vierstöckiger Supermarkt.....	129
9.2.2.1.3. Fahrender Bus in Innenstadt .....	130
9.2.2.1.4. Genauigkeiten und TTFF Analyse.....	130
9.2.2.2. Tests im Außenraum .....	131
9.2.2.2.1. Gasse in Siedlungsgebiet.....	131
9.2.2.2.2. Wald .....	131
9.2.2.2.3. Bergspitze.....	132
9.2.2.2.4. Analyse der Genauigkeiten und TTFF .....	132
9.2.2.3. Experimente in unterschiedlichen Gebieten mit verschiedenen Modi .....	132
9.2.2.3.1. Überschwemmungsgebiet.....	132
9.2.2.3.2. Innenstadt .....	133
9.2.2.3.3. Südliches Bergland.....	134
9.2.2.4. Analyse der Resultate.....	135
9.3. Simulationstest zur Rettung von durch Hochwasser eingeschlossenen Menschen .....	135

---

9.4. Simulationstest zur Überwachung von Eisstößen des Gelben Flusses .....	137
9.5. Datenschutz .....	139
<b>Kapitel 10. Ausblick der Anwendungen .....</b>	<b>140</b>
<b>Schlussworte .....</b>	<b>142</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>143</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>156</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>160</b>
<b>Abkürzungen .....</b>	<b>161</b>
<b>Die Veröffentlichungen und Vorträge während der Dissertation .....</b>	<b>163</b>
<b>Dankworte .....</b>	<b>164</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>165</b>
<i>Anhang 1: Tabelle von Technologien und Firmen für A-GPS auf dem Weltmarkt.....</i>	<i>165</i>
<i>Anhang 2. NMEA 0183 Daten .....</i>	<i>167</i>
<i>Anhang 3: Datengrundlage der Statistik der Tests mit dem Handy KZ860 in China.....</i>	<i>169</i>
<b>Lebenslauf .....</b>	<b>172</b>



## Zusammenfassung

### *Deutsch*

Die Nutzung von Satellitennavigationssystemen ist für uns alltäglich geworden. Allerdings besteht die Grundvoraussetzung, dass wir genügend starke Signale von einer ausreichenden Zahl an Satelliten empfangen können. Wo dies nicht der Fall ist, etwa bei Signalabschwächungen durch Vegetation oder Mauerwerk, können wir weder positionieren noch navigieren. Eine Vielzahl wichtiger Anwendungen kann deshalb noch nicht umgesetzt werden. Das wird sich mit der großflächigen Einführung der mobilfunkgestützten Satellitenpositionierung (A-GNSS), welche sich derzeit in der Entwicklungs- und Erprobungsphase befindet, deutlich ändern.

Das A-GNSS (Assisted GNSS), auch Wireless Assisted GNSS genannt, kann hier unter Signalabschwächungen Abhilfe leisten, indem es einerseits dem A-GNSS-Empfänger diese notwendigen Daten wie z.B. Ephemeriden, Almanach, Zeitinformation, Dopplerverschiebung etc. über ein Netzwerk (z.B. das GSM) zur Verfügung stellt und andererseits der A-GNSS-Chip über eine hohe Sensitivität zur Akquirierung von schwachen GNSS-Satelliten-Signalen verfügt.

Mit A-GPS bzw. mit Galileo-Indoor-Funktion können die Anwendungsbereiche der GNSS- Technologie also nochmals erweitert werden, wo das gängige GPS bislang versagte. Mit Funktionen wie z.B. Notrufbehandlungen, Reiseninformationssuche, Kindertracking, GNSS- Zeitanzeige im Handy usw. wird die A-GNSS-Technik unser alltägliches Leben noch stärker erleichtern.

Für geodätische Anwendungsbereiche bedeutet es eine außerordentliche Herausforderung, diese neue moderne Technik zum Einsatz bringen zu können. Für diese speziellen Bereiche, insbesondere für Katastrophenmanagement, gibt es kaum Entwicklungen. Wir als Vermessungsingenieure müssen diese Herausforderung als Erste annehmen und dabei herausfinden, welche potenziellen Chancen sich dahinter verbergen und welche Entwicklungen möglich sind.

Die vorliegende Dissertation untersucht die Möglichkeiten theoretisch und experimentell, um die neue Technik segensreich für die Vorwarnung und Rettung von Menschen bei Hochwasser- und Eisstoßkatastrophen aufzubereiten.

Mit der globalen Klimaerwärmung steigert sich die Ausbruchsrates von Hochwasser Jahr für Jahr. Die Anzahl der wegen Hochwasser ums Leben gekommenen Menschen erhöht sich immer mehr. Fast jedes Jahr ereignen sich auch katastrophale Eisstöße entlang des Gelben Flusses in China. Deshalb wird in dieser Arbeit auf zwei konkrete

mit wissenschaftlicher und zugleich gesellschaftlicher Bedeutung geprägte Anwendungen fokussiert:

Erstens: die Anwendungen von A-GNSS-Technik zum Hochwasserschutz und zur Rettung der von Hochwasser eingeschlossenen Menschen

Zweitens: die Anwendungen von A-GNSS-Technik zur Frühwarnung vor Eisstoß des Gelben Flusses.

## **Englisch**

The application of satellite navigation systems has already entered the people's life. But the GNSS-receiver receives the strong signals from satellite navigation is having the postulate. We could do neither the positioning nor the navigation in that place that the signals reduced by the vegetation or wall shelter from satellites. So lots of important application couldn't realize. But if we use A-GNSS technology that is in the phase of developing and experimenting will change these situations.

A-GNSS or Wireless Assisted GNSS can realize the positioning in observation condition that the traditional receiver can't, one side will through wireless communication network, for example, through GSM network provide the needed assisted information data to A-GNSS-receiver, such as almanac, ephemeris, time stamp, Doppler shift and so on, on the other hand A-GNSS-receiver has high sensitivity characteristic to acquire feeble satellite signal.

So through A-GNSS and Galileo indoor position function can extend GNSS the application area, for example through A-GNSS emergency transaction processing, touring information query, and children tracking and mobile phone satellite time showing and so on function can make peoples life getting better and better.

The application of this new technology will produce new challenge for surveying application fields. We should dare to accept this challenge and do research and explore the application potential and its development of this new technology.

This dissertation does wide and deep research in theory and practice of this new technology.

With the warm environment, the world weather worsens and nature disaster increase. How to forewarn the disaster of nature, on time to save the people that be besieged by disaster become the people cared topics. The dissertation researches two applications for having science at the same time having the social require in concretely.

(1) The application in the flood. The flood's prevention with after-calamity on time rescue and search the personnel that be besieged. The application of the new A-GNSS technique in the flood makes the concrete treatise with experiment.

(2) Forewarn the ice flood disaster. The winter air temperature in Yellow river is downstream top and the bottom cold. And so ice is taking placed and put the ice embankment, jams the water current, and brings about the disaster. Applications of the A-GNSS that prevent the ice flood disaster in Chinese yellow river annually make the detailed analysis with study.

## Chinesisch

全球卫星定位导航系统已经在人们的日常生活中得到了广泛的应用，但是这种定位方式对观测条件是有限制的，就是卫星的信号不能受到阻挡。在植被或房屋遮挡的情况下，卫星的信号则会减弱，使得正常的接收机不能收到卫星信号，而达不到定位和导航的需求，相应的许多应用也得不到实现。而应用当今刚刚起步并发展的辅助卫星定位技术则能克服这一缺点，实现在信号遮挡情况下的卫星定位。

辅助全球卫星导航定位系统 A-GNSS，也可以说是无线辅助全球卫星导航定位技术 Wireless Assisted GNSS 一方面将借助于无线通讯网络，比如 GSM 网络向 A-GNSS 接收机提供定位所需要的辅助信息数据，比如卫星广播星历、精密星历、时间信息、多普勒频移等，另一方面 A-GNSS 接收机也具有捕获较弱卫星信号的高灵敏度特性，实现在传统接收机不能定位的条件下卫星定位。

这种定位芯片体积小、耗能低、捕获卫星信号的时间短，可广泛集成于手机芯片中，因此通过 A-GNSS 以及 Galileo 的室内定位功能可以大大扩展 A-GNSS 的应用范围。A-GNSS 的紧急事务处理、旅游信息查询、孩子跟踪和手机卫星时间显示等功能可以使得我们的生活变得更加丰富多彩。

可以说，GPS 技术的产生和发展对测量领域产生了巨大的影响，对传统的大地测量方法进行了革新。但是我们还要不断适应新的形势和接受新的挑战，特别是随着全球气候变暖和环境的不断恶化，自然灾害也不断的增加，如何预防和减轻这些自然灾害，及时救护被灾害围困的群众也成为人们关心的话题和被研究的对象。针对这一全球性环境恶化问题，新的 A-GNSS 技术对我们则又提出了新的挑战。该论文在从理论和实践上充分研究该技术的基础上，主要着眼于具体的两个具有科学性同时具有社会性需求的应用：

(1) 在洪水报警、救护和供给方面的应用。随着全球气候变暖，洪水的爆发几率逐年提高，每年因洪水而死亡人数也不断增加，洪水造成的损失也成倍增长。洪水的预防，灾后的及时救援和围困人员的搜寻也正是我们所关心的话题。A-GNSS 技术可在这一领域得到长足的发展。本课题将就 A-GNSS 技术在洪水的预防和营救被洪水围困的群众中的应用作具体的论述和试验。

(2) 冰凌的预防。黄河下游冬季气温上暖下寒。据气象资料分析，山东北镇历年冬季平均气温比河南郑州低 3℃，开河期晚 10 天左右，故易发生冰凌堵塞堆积，甚而形成冰坝，阻塞水流，酿成灾害。本文就 A-GNSS 在中国黄河每年发生的冰凌治理上作的应用作详细的分析和探讨。

同时，本课题还就 A-GNSS 在旅游、海上船只管理调度等领域的应用作进一步的阐述分析。

## Kapitel 1. Einführung

Mit der Beschleunigung des Lebensrhythmus und der Erhöhung des Lebensstandards der Menschen in der Gegenwart werden neue und höhere Anforderungen an moderne Techniken gestellt. Mit der Entstehung und Entwicklung der ersten Generation des GSM (Global System for Mobile Communications) zu Beginn der 80er Jahre [EBERSPÄCHER et al. 1997] wurde die neue Ära der drahtlosen digitalen Telekommunikation eingeleitet. Die Internationale Telecommunication Union (ITU) hat die neuen Rahmenbedingungen für die dritte Stufe mobiler Telekommunikation (IMT2000) aufgebaut und unter diesen Bedingungen wird das wesentliche System UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) mit Übertragungsraten von maximal 2 Mbps [PRASAD et al. 2000] statt 9.6 Kbps im GSM entstehen.

Das UMTS/IMT2000 macht unser Leben immer vielseitiger und mobiler. Die Technikrevolutionen haben das Leben durchgreifend verändert: Mit dem Airbus können wir nur in einem Tag von Berlin nach New York, in Amerika zum pazifischen Ozean und gleich auch von dort nach Tokio in Japan an der anderen Seite des pazifischen Ozeans fliegen - die Welt wird klein; Das aus militärischen Gründen am Ende der 70er Jahre und Anfang der 80er Jahre entstandene GPS (Global Positioning System) ermöglicht die immer höhere Positionierungsgenauigkeiten und erbrachte die in vielen Bereichen revolutionäre Entwicklungen, insbesondere auf dem Gebiet des Vermessungswesens, welche die dort vorhandenen Techniken bestens ergänzt.

Die USA hat auch die Entwicklung von GPS als das wesentliche Zeichen zur Modernisierung der Navigationstechnik und einen der wichtigsten wissenschaftlichen Erfolge im 20. Jahrhunderte betrachtet [ZHOU 1995]; Die neue Herausforderung zur Satellitennavigation ist das bevorstehende Galileo-System, dessen Auswirkungen fast mit denen mobiler Telekommunikation und des Airbus verglichen werden können, es wird die erheblichen Gewinne in verschiedenen Gebieten erbringen [SU et al. 2006]. Galileo wird eine neue Technikrevolution auf der Welt hervorbringen.

Die Entwicklung dieser neuen Technik trägt jedoch auch zur weiteren Verbesserung der GPS-Technik bei. Wegen der grundlegenden militärischen Zielsetzung und somit zur Gewährleistung der Interessen und Sicherheit der Vereinigten Staaten von Amerika ist das System außer bereits im Entwurf auch im Betrieb durch einige Maßnahmen eingeschränkt. so z.B. die Selective Availability SA und das Anti-Spoofing AS., damit wurde die Beobachtungsgenauigkeit von Anwendern ohne Sondergenehmigung beschränkt. Zum 01 Mai 2000 haben die USA SA abgeschafft [RIZOS et al. 2001] und die Positionierungsgenauigkeiten sind nun höher: in der Vertikalen bis unter 12,3 Meter und im Horizontalen bis unter 6,8 Meter, jeweils in 95 % aller Fälle [SATIRAPOD et al. 2000].

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 Indoor-GPS und die Positionierung im Schatten oder im urbanen Gebiet mit GPS bereiten immer noch ungelöste Probleme. Seit dem Terroranschlag vom 11.09.2001 ist die Sicherheitsfrage äußerst aufmerksam verfolgt worden. Die Positionierung von mobilen Telefonen und LBS (Location Based Services) sind die wesentlichen Themen geworden, die von vielen verschiedenen mobilen Telekommunikationsfirmen untersucht werden.

Eine Möglichkeit der Positionierung eines Handy 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 noch nicht konkurrieren. Weitere Möglichkeiten der Ortung im GSM werden hier nicht behandelt, da sie zwar theoretisch möglich, aber technisch nicht umgesetzt sind.

Die Anforderungen der Geolokalisierung wurden von der FCC (Federal Communications Commission) in der Mitte der 90er Jahre aufgestellt. Die Genauigkeiten sollen beim Notruf (E911) von mobilen Anrufservices für das MS-Assisted-Modul unter 100 Meter in 67% bzw. 300 Meter in 95% aller Fälle, für das MS-Based-Modul unter 50 Meter in 67% bzw. 150 Meter in 95% aller Fälle erreichen [LACHEPELLE 2004]. Aber die netzwerkgestützten Methoden wie z.B. Cell-ID, TOA, TDOA oder OTDOA etc. sind entweder schwer durchführbar oder von niedriger Positionierungsgenauigkeit, die nicht die Anforderungen von FCC erreichen kann.

In den 80er Jahren haben zwei Ingenieure, Ralph E. Taylor und James W. Sennott, die in der NASA (National Aeronautics and Space Administration) arbeiteten, die Technik des Assisted GPS (A-GPS) erfunden [TAYLOR et al. 1984]. Durch das mobile Netzwerk werden die Assistenzdaten wie z.B. Ephemeriden, die Position der Referenzstation, Uhrenkorrekturen etc. zum GPS-Empfänger übertragen, damit die Sensitivität des GPS-Empfängers erhöht und die TTFF (time to first fix) deutlich verkürzt.

Die Übertragungsrate von mobilen Daten war jedoch während der gesamten 80er Jahre und auch noch zu Beginn der 90er Jahre sehr niedrig und mit dem damaligen Netzwerk war die Übertragung solcher Assistenzdaten nicht zu realisieren. Mit der Entwicklung und Realisierung der dritten Generation mobiler Kommunikationstechnik entwickelte sich auch schrittweise die A-GPS-Technik. In der Praxis erfolgt die A-GPS-Positionierung ohne Beschränkungen in der Zeit und durch äußere Bedingungen wie z.B. wetterbedingt. Die Genauigkeiten liegen unter 30 Meter [KARNANAYAKE et al. 2005]. A-GPS wird zur wesentlichen der netzwerkgestützten Methoden bei den Notfallaufgaben des FCC.

Mit der Indoor-Tauglichkeit von A-GPS bzw. von Galileo können die Anwendungsbereiche der GNSS-Technik also nochmals erweitert werden, wo das gängige GPS bislang versagte. Mit Funktionen wie z.B. Notrufbehandlungen, Reiseninformationssuche, Kindertracking, GNSS-Zeitangabe im Handy usw. wird die A-GNSS-Technik unser alltägliches Leben noch stärker erleichtern.

Für geodätische Anwendungsbereiche bedeutet es eine außerordentliche Herausforderung, diese neue moderne Technik zum Einsatz bringen zu können. Aber wir als Vermessungsingenieure müssen diese Herausforderung als Erste annehmen und dabei herausfinden, welche potenziellen Anwendungen sich dahinter verbergen und die Entwicklungen aufzeigen. So können z.B. durch Kombination von GIS und A-GNSS-Techniken im Katastrophenfall eingeschlossene Menschen gerettet werden, insbesondere bei Hochwasser.

In dieser Promotion soll die Frage untersucht werden, welches Potenzial diese moderne Technik neben den allgemeinen Anwendungen des A-GPS bzw. A-GNSS für die Geodäsie eröffnet. Im Einzelnen ergeben sich die folgenden Inhalte:

### **1. Entwurf der Rahmenbedingung für A-GNSS-Server.**

Zunächst wird der Stand der mobilen Telekommunikationstechnik dargestellt und der Zustand der deutschen und chinesischen Mobilfunknetze sowie die Standards beschrieben, dann wird der Datenaustausch mit dem Server, die Auswertesoftware auf dem Weltmarkt und die Modi von A-GNSS analysiert.

### **2. Gestaltung des Terminals für mobile Kunden:**

Die folgenden Bedingungen werden bei Kundengeräten vorausgesetzt:

Erstens müssen diese über einen hoch empfindlichen A-GPS-Chip verfügen, der heutzutage nur von zwei bis drei Firmen auf der ganzen Welt hergestellt wird. Weil die Signalstärke im Indoor- oder im abgeschatteten Bereich mit 5-30 dBm [WIESER et al. 2006] schwächer als unter freiem Himmel ist, muss ein hoch empfindlicher GPS-Empfänger benutzt werden, um die Positionierungsmöglichkeiten dort zu gewährleisten. Eine der Methoden zur Verbesserung der Sensitivität von GPS-Empfängern ist die Erhöhung der Anzahl von Korrelatoren im GPS-Chip. Mit der Entwicklung der Halbleitertechnik erreicht diese bereits 200.000 [WUNDERLICH et al. 2006]. Die Merkmale von diesem GPS-Gerät sind der eigene spezifische Algorithmus und niedriger Energieverbrauch.

Zweitens müssen die Kundengeräte für mobile Telekommunikation gewisse Funktionen aufweisen, z.B. als Handy, PDA etc. Mit der Entstehung und Entwicklung der mobilen 3GPP Telekommunikationstechnik wird die Übertragungsrate von Daten mehrfach erhöht. Das sind die Grundlagen zur Verbesserung der A-GPS-Technik und für weitere Anwendungen.

Drittens kann das Kundengerät die über das mobile Netzwerk transportierten Assistenzdaten empfangen und automatisch entpacken. Obwohl der GPS-Empfänger über eine hohe Sensitivität verfügt, wird die Akquisitionszeit Indoor oder unter starkem Bewuchs sehr lange währen, wenn keine Assistenzdaten zugeführt werden. Dies kann sogar bis zu einigen Stunden dauern oder es kommt gar keine brauchbare Positionierung zustande. Wenn jedoch die Assistenzdaten wie Ephemeriden, Almanach, Referenzstationsposition etc. durch das Netzwerk an den mobilen Stationen zugeführt werden, wird die TTFF (time to first fix) nur bis zu einigen Sekunden beanspruchen.

Viertens: die Auswertungsfunktion von A-GPS-Empfänger von Mobilfunkkunden. Die Berechnungsarbeit von MS-Based sowie Standalone, wenn das im Gerät verfügt, sollen im Gerät selbst erledigt werden. Die Algorithmen und die entsprechenden Funktionen werden in dieser Arbeit geschrieben.

Fünftens: die Fragestellungen der Stromversorgung von A-GPS-Empfängern. Für ein im Feld genutztes A-GPS-Gerät ist das wichtigste und kritischste Problem die Energieversorgung, obwohl die A-GPS-Geräte sehr sparsam für Stromverbrauch sind. Die umfangreichen Möglichkeiten für Stromversorgung für Endgeräte sowie für Referenzstationen werden einzeln in der Arbeit erwähnt.

### **3. Serviceplanung und Monitoring:**

Der A-GPS- bzw. A-GNSS-Server kann die Kunden in Echtzeit verfolgen, indem er die Pseudostrecken von den mobilen Stationen empfängt und deren Position auswertet. Diese Positionen können zum PSAP (public safety answering point) übertragen werden, um in Gefahr befindliche Menschen rechtzeitig retten zu können.

### **4. Untersuchung potenzieller Anwendungen:**

Die A-GPS-Technik wird hauptsächlich in den Bereichen Notfall, Logistik, Personenverfolgung und Eigentumskontrolle sowie Navigation Anwendung finden. Auf der Welt gibt es einige wenige Firmen mit bereits weitgehenden Entwicklungen an Soft- und Hardware auf diesem Gebiet. Auf dem A-GPS-Markt stehen auch zahlreiche Anbieter von banalen Anwendungen zur Verfügung. Aber für die speziellen Bereiche, wie z.B. die geodätischen Anwendungen und insbesondere für Katastrophenmanagement, gibt es kaum Entwicklungen. In dieser Arbeit soll der Entwicklungsstand und das Anwendungspotenzial der A-GPS-Technik untersucht werden, insbesondere im Bereich der Geodäsie im Hinblick auf Galileo und Beidou, um die neuen geodätischen Anwendungen der A-GNSS-Technik erschließen zu können.

Mit der Erderwärmung durch den globalen Klimawandel und der Verschlimmerung der Umweltbedingungen steigern sich Ausmaß und Häufigkeit von Katastrophenereignissen immer mehr. Die Maßnahmen zur Abminderung dieser Katastrophen sowie zur Rettung von bei Katastrophen eingeschlossenen Menschen



werden immer aufmerksamer verfolgt und untersucht. In dieser Arbeit wird auf zwei konkrete mit wissenschaftlicher und zugleich gesellschaftlicher Bedeutung geprägte Anwendungen fokussiert:

(1) Anwendungen zur Überwachung, Rettung und Versorgung bei Hochwasser

Mit der globalen Klimaerwärmung steigert sich die Ausbruchsrates von Hochwasser Jahr für Jahr. Die Anzahl der wegen Hochwasser ums Leben gekommenen Menschen erhöht sich immer mehr. Die Hochwasserfrühwarnung und die Rettungsaktionen bzw. die Suche nach im Hochwasser vermissten Menschen werden immer aufmerksamer verfolgt. Die A-GNSS-Technik kann speziell in diesem Bereich entwickelt werden. In dieser Arbeit werden die Anwendungen zum Hochwasserschutz und zur Rettung der von Hochwasser eingeschlossenen Menschen konkret dargestellt und untersucht.

(2) Frühwarnung vor Eisstoß

Wegen des geographischen Breitenunterschiedes zwischen dem Oberlauf und dem Unterlauf liegt an den großen Flüssen Chinas die Lufttemperatur am Oberlauf deutlich höher als am Unterlauf vor. Das Eis am Oberlauf des Flusses beginnt wegen der höheren Temperatur zu schmelzen, während die Eisdecke am kälteren Unterlauf noch massiv ist. Die Eisblöcke aus dem Oberlauf schieben sich über das flussabwärts verbliebene Eis. Dies führt zu einem schnellen Anschwellen des Wasserstandes und furchtbaren Katastrophen, wenn die Schutzmaßnahmen nicht ausreichen. In dieser Arbeit werden die Anwendungen der A-GNSS-Technik zur Kontrolle und Regulierung des Eises detailliert analysiert und untersucht.

Während des Hochwassers oder Eisstoßes werden die Leute so schnell wie möglich in eine Sicherheitsposition entfliehen, z.B. auf einen Baum, auf das Dach oder auf Hügel mit dichtem Bewuchs, wo die konventionellen GNSS-Empfänger nicht oder nur schlecht funktionieren. Dann kommt das A-GNSS in die Frage. Zugleich können die Situationsfotos, die mit einem entsprechend ausgerüsteten A-GNSS-Handy gemacht werden, via Mobilfunk zur Rettungszentrale gesandt werden. Das sind auch die Vorteile von Nutzung mobilfunkgestützter GNSS-Technik.

Gleichzeitig werden die Anwendungen von A-GPS in anderen Bereichen, wie z.B. Fischerei, Tourismus etc. weiter analysiert werden.

## Kapitel 2. Grundlagen der Navigationssysteme

### 2.1. GPS

GPS ist die Abkürzung des englischen Begriffs "Global Positioning System". Es ist ein Satellitennavigationssystem und wird von „The U.S. Department of Defense (DoD)“ aufgebaut, gesteuert und kontrolliert [ZHANG 1996]. Dieses System war eigentlich für rein militärische Ziele konzipiert, wurde aber im Laufe der Zeit auch von Hunderttausenden zivilen Nutzern verwendet. Die Satelliten erzeugen Signale und der GPS-Empfänger nimmt diese auf und berechnet Position und Geschwindigkeit von Punkten auf der Erde gemeinsam mit einer exakten Zeitmarke. Um dreidimensionale Koordinaten von Punkten zu berechnen, muss ein GPS-Receiver gleichzeitig die ungestörten Signale von mindestens 4 Satelliten empfangen.

#### 2.1.1. GPS-Signale

##### 2.1.1.1. GPS-Signalträger L1 und L2

Alle Signale werden durch eine Atomuhr mit einer Grundfrequenz von  $f_0=10.23$  MHz erzeugt (Abb.2-001). Zwei Trägerfrequenzen werden von jedem Satelliten ausgesandt [XU 1989], nämlich

L1:  $f_1 = 154 \times f_0 = 1575.43$  MHz,  $\lambda_1 = 19.03$ cm;

L2:  $f_2 = 120 \times f_0 = 1227.60$  MHz,  $\lambda_2 = 24.42$ cm.

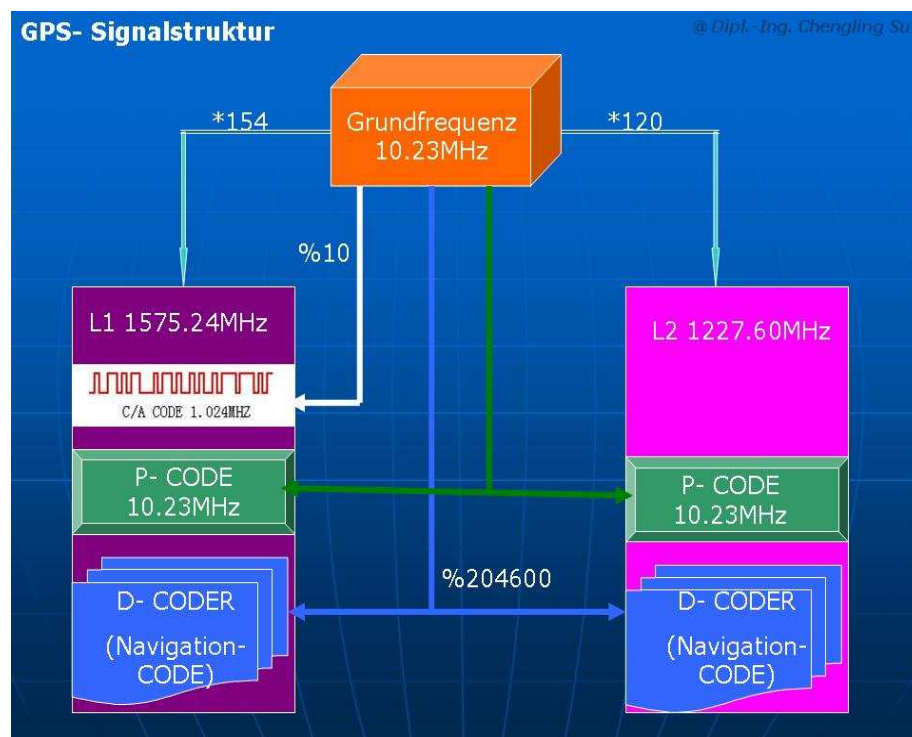


Abb.2-001:  
GPS-  
Signalstruktur

Gleichzeitig werden zwei Codes und Navigationsdaten aufmoduliert (Abb.2-001):

C/A-Code, Chip Länge = 293 Meter und Navigationsdaten;

P-Code, Chip Länge = 29.3 Meter und Navigationsdaten.

Nach der Aufmodulierung von PRN (Pseudo Random Noise, nämlich C/A-Code und P-Code) und D-Code auf die Trägerfrequenzen L1 und L2 werden die folgenden Trägersignale abgeleitet [ZHOU et al. 1997]:

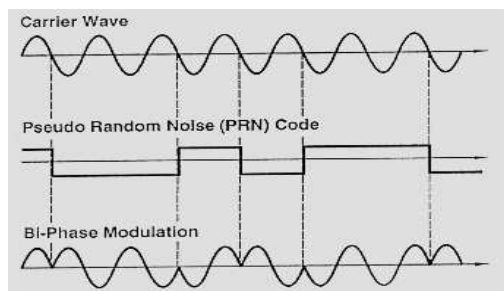
$$S_{L1}(t) = A_p \cdot P_i(t) \cdot D_{i(t)} \cdot \cos(\omega_1 t + \phi_1) + A_c \cdot C_i(t) \cdot D_i(t) \cdot \sin(\omega_1 t + \phi_1) \quad (2-01)$$

$$S_{L2}(t) = B_p \cdot P_i(t) \cdot D_{i(t)} \cdot \cos(\omega_2 t + \phi_2) \quad (2-02)$$

Davon:

- $A_p$ : Amplitude von P-Code auf L1-Träger;
- $B_p$ : Amplitude von P-Code auf L2-Träger;
- $A_c$ : Amplitude von C/A-Code auf L1-Träger;
- $P_i(t)$ : P-Code mit Zustand von  $\pm 1$ ;
- $D_{i(t)}$ : D-Code mit Zustand von  $\pm 1$ ;
- $C_i(t)$ : C/A-Code mit Zustand von  $\pm 1$ ;
- $\cos(\omega_1 t + \phi_1)$ : L1-Träger;
- $\cos(\omega_2 t + \phi_2)$ : L2-Träger;
- $\omega_1$ : Kreisfrequenz des L1-Trägers;
- $\omega_2$ : Kreisfrequenz des L2-Trägers.

### 2.1.1.2. GPS-C/A-Code



Der C/A-Code ist auf L1 moduliert und wiederholt sich alle 1023 Chips (Abb.2-002). Die Periode beträgt 1 Millisekunde. Jeder GPS-Satellit hat einen eigenen C/A-Code, identifiziert mit der PRN (Pseudo-Random-Noise)-Nummer.

Abb.2-002: GPS-C/A-Code [YASKO 2006]

### 2.1.1.3. GPS-Signalstärke

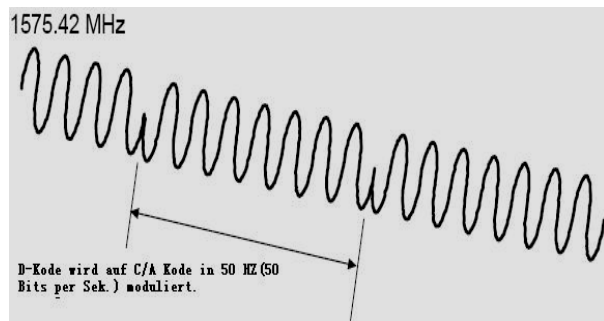
Mit Steigerung der Entfernung zur Transmissionsquelle wird die Stärke der elektronischen Welle reduziert [HOFFMANN et al. 1997]. Im GPS Interface Control Document [ARINC, 2000] ist die minimale Stärke der GPS Signale für einen Benutzer auf der Erdoberfläche definiert. Sie beträgt für den C/A-Code -160 dBW [WIESER et al. 2006].

Die Stärke von Signalen gibt man üblicherweise in Bezug von Dezibel auf Milliwatt als dBm an, ebenso auch hinsichtlich Watt als dBW. Dabei ist der Leistungspegel in dBm gleich dem in dBW plus 30 [GPS-TRACKING 2006].

Das Verhältnis von Signal- und Rauschleistung wird als Signal-Rausch-Verhältnis( signal-to-noise ratio, SNR) bezeichnet. Zur Beschreibung der Signalstärke im Vergleich zum Rauschen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, neben dem SNR das so genannte Träger-zu-Rauschdichteverhältnis (carrier-to-noise power density ratio,  $C/N_0$ <sup>1</sup>) einzuführen, das nicht von der Bandbreite abhängt [WIESER et al. 2006].

### 2.1.2. GPS-Navigationsdaten

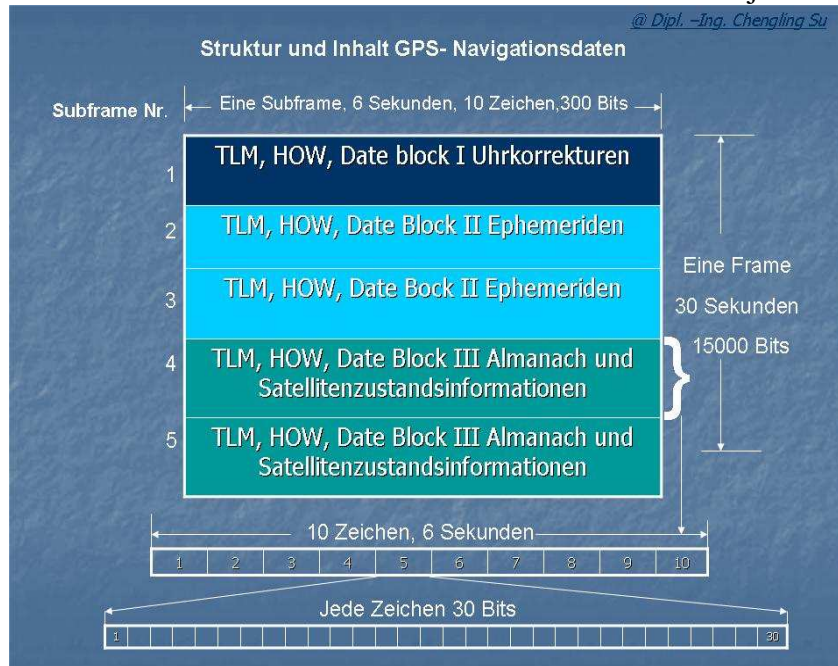
Die GPS Navigationsdaten heißen auch D-Code. Sie bestehen aus Ephemeriden, Satellitenzustandsinformationen, Zeitsystem, Parameter der Satellitenuhr, Atmosphärenkorrektur, Bahnstörungskorrekturen usw. (Abb.2-004) und sind die Grundlagen der GPS-Positionierung. Der D-Code wird binär auf den C/A-Code mit 50 Hz aufmoduliert (Abb.2-003). Er wird in Frames ausgesandt. Jeder Frame



beinhaltet 1500 Bits und dauert die Transmissionszeit von 30 Sekunden. Weil jeder Frame in 5 Subframes aufgeteilt wird, beträgt die Transmissionszeit jedes Subframe 6 Sekunden.

Abb.2-003: GPS D-Code [YASKO 2006]

Jeder Subframe seinerseits besteht aus 10 Zeichen zu je 30 Bits (Abb.2-004). Zu



Beginn jedes Subframes steht das TLM (Telemetry Word) zur Einführung des D-Codes. Es folgt das HOW (Hand Over Word) für die Akquisition des P-Codes.

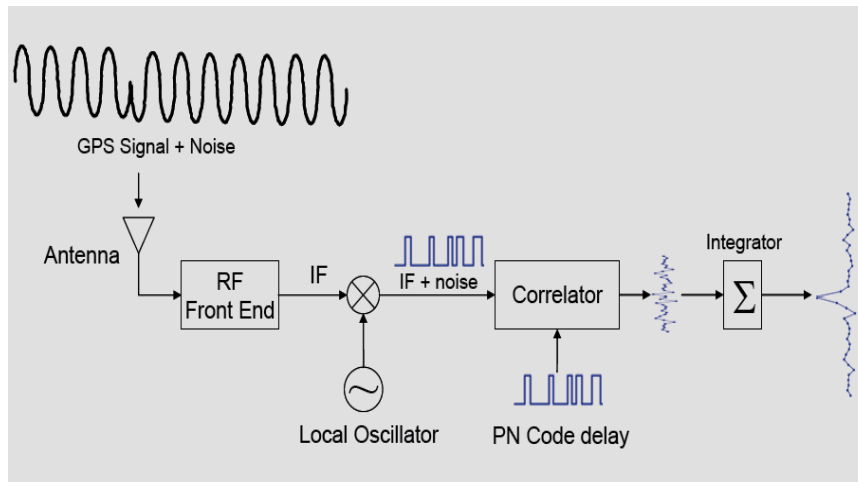
Abb.2-004: Struktur und Inhalte der GPS-Navigationsdaten

### 2.1.3. Signalakquisition und-tracking

#### 2.1.3.1. GPS-Signalakquisition

<sup>1</sup>  $C/N_0$  wird in dBHz angegeben und entspricht dem SNR bei einer fiktiven Bandbreite von 1 Hz. 40 dBHz gleicht ungefähr -130 dBm

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 dieser zuerst die Satellitensignale akquirieren.



Hierfür muss der Empfänger die betreffenden Frequenzen und Codes aller verfolgten Satelliten durchsuchen (Abb.2-006).

Abb.2-005: Korrelation im GPS-Empfänger [YASKO 2006]

Zur Detektion der Satellitensignale verwendet ein GPS-Empfänger die Methode der Korrelation. Der GPS C/A-Code, der auf der GPS L1-Trägerwelle eingesetzt wird, ist ein Pseudo Random Noise (PRN) und verfügt über ein herausragendes Merkmal zur Korrelation. Ein vom Oszillator des GPS Receivers erzeugter PRN, z.B.  $u^i(t)$ , wird mit seinem gleichen PRN', z.B.  $u^i(t)$ , 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 definiert werden:

$$R(t) = \frac{A_u - B_u}{A_u + B_u} \quad (2-03)$$

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 (Abb.2-005) [ZHOU 1997].

Um die optimale Korrelation zu erfassen, sprich den maximalen Korrelationseffizienten zu erreichen, muss der Korrelator gleichzeitig zwei Prozesse im Suchraum durchführen. Einerseits wird das empfangene Signal mit dem vom GPS Receiver hergestellten PRN-Code chipweise zeitlich verglichen und die Spitze gesucht, andererseits wird die wegen der Dopplerverschiebung und mangelnder Synchronisation der Empfängeruhr erzeugte Frequenzraum durchsucht (Abb.2-006).

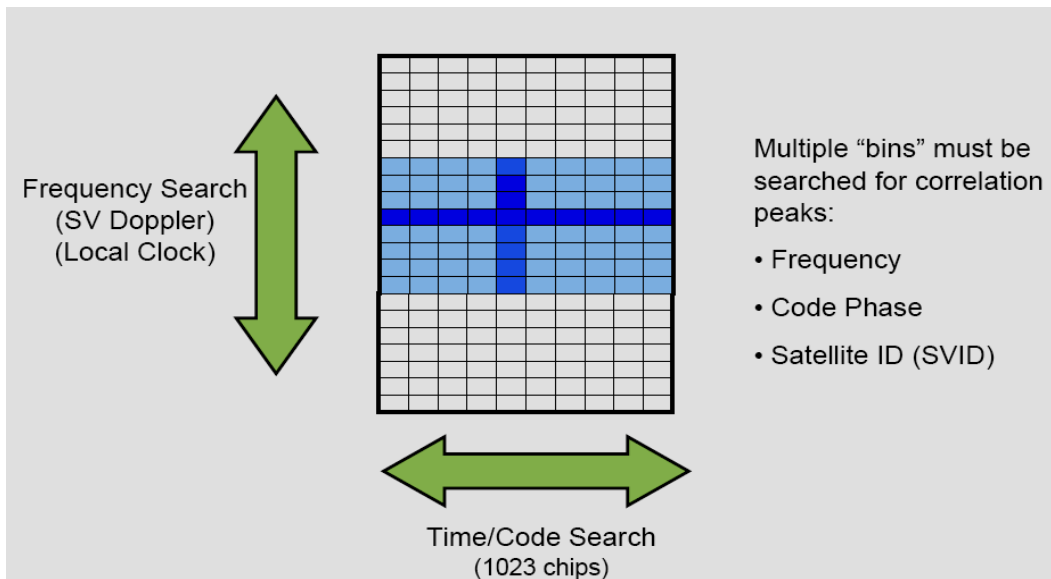
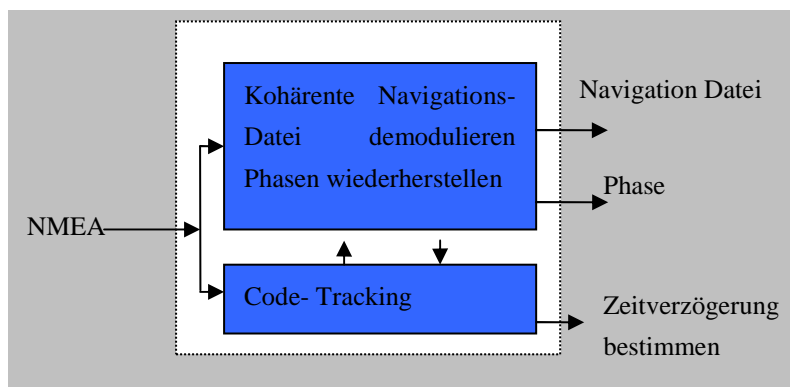


Abb.2-006: Suchraum für GPS-Signalakquisition [YASKO 2006]

### 2.1.3.2. GPS-Signaltracking

Der GPS-Empfänger muss zuerst die Zeitverzögerung der aufgenommenen GPS-Signale bestimmen und zugleich auch die Navigationsdaten detektieren (Abb.2-007) [PARKINSON et al.1996]. Ein A-GPS-Empfänger hingegen konzentriert sich auf die



Signalakquisition und Codemessung, weil die Navigationsdaten von der Referenzstation durch das Wireless Network dem GPS-Empfänger zugeführt werden.

Abb.2-007: Signalverarbeitungsprozess im GPS-Empfänger

### 2.1.4. Pseudorange- oder Code-Messung

Unter der GPS Codemessung versteht man eine Einweg-Laufzeitmessung, das heißt, der GPS-Empfänger muss die Transmissionszeit zwischen dem Zeitpunkt der Signalausendung vom Satelliten und dem der Signalaufnahme im GPS-Empfänger beobachten.

Es wird angenommen, dass die Code-Phase im Zeitpunkt  $T^s$  vom Satelliten ausgesandt und in Zeitpunkt  $t_r$  den GPS-Empfänger erreicht hat. Die Signalausbreitung kann mit der folgenden Abb.2-008 dargestellt werden.

Wenn Einflüsse wie z.B. Troposphäre, Ionosphäre etc. vorerst nicht berücksichtigt werden, kann man für die Code-Messung schreiben [SEEBER 2003]:

$$P = c(t_r - T^s) \quad (2-04)$$

Unter Berücksichtigung der Satelliten- und Empfängeruhrfehler ergibt sich die Code-Beobachtung zu

$$P = \rho + cdt_r - cdt^s \quad (2-05)$$

wobei:  $\rho$ : Distanz zwischen Empfänger und Satellit  
 $dt_r$ : Empfängeruhrfehler  
 $dt^s$ : Satellitenuhrfehler  
 $c$ : Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

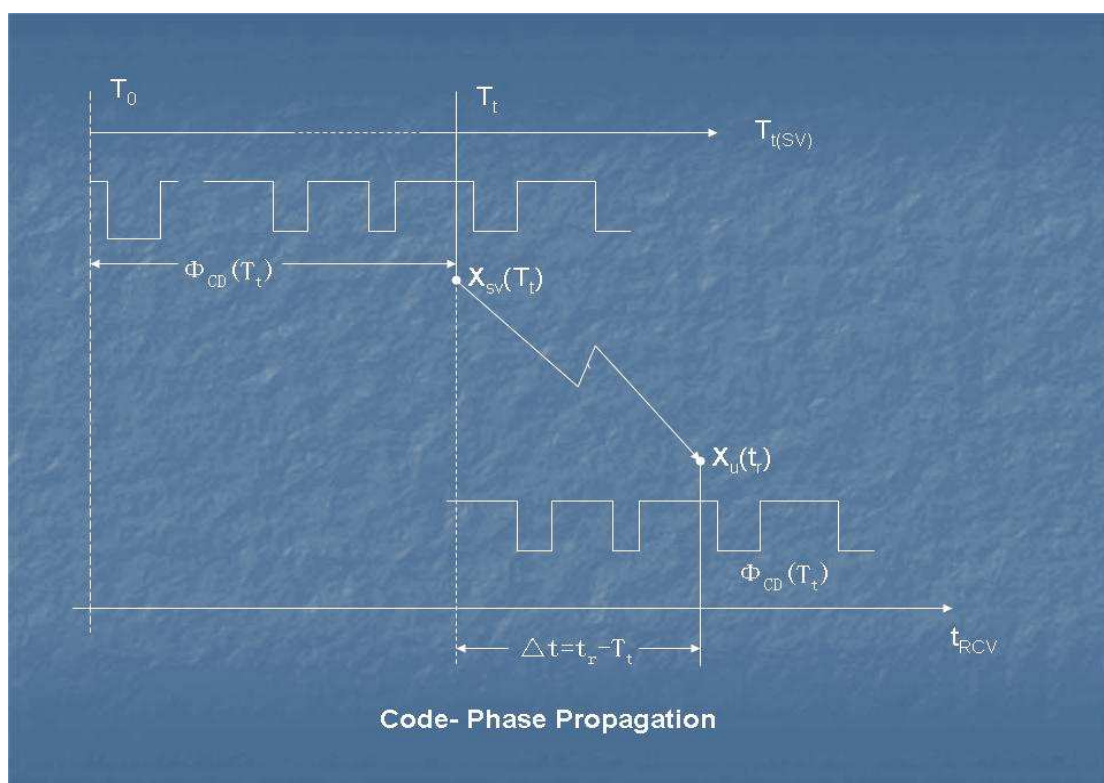


Abb.2-008: Code-Phase Propagation

#### 2.1.4.1. Pseudo-Range Navigation

Es wird angenommen, dass die Koordinaten des Satelliten im WGS84 ( $x_i^s, y_i^s, z_i^s$ ) und jene der Beobachtungsstation ( $x_r, y_r, z_r$ ) sind. Aufgrund des Prinzips des GPS-Navigationssystems können die Koordinaten von den Nutzern berechnet werden, sobald 4 GPS-Satelliten beobachtet und damit 4 Pseudo-Entfernungen bekannt sind.

$$P_r^s = \rho_r^s + cdt_r - cdt_s = \sqrt{(x^s - x_r)^2 + (y^s - y_r)^2 + (z^s - z_r)^2} \quad (2-06);$$

wobei:  $P_r^s$  Pseudorange- oder Code-Messung

$\rho_r^s$  Distanz zwischen Empfänger und Satelliten

Aufgrund der Navigation Message sind für die getrackten Satelliten bekannt:

$x^s, y^s, z^s$  -----die Satellitenposition;  
 $dt_s$  -----der Satellitenuhrfehler;

Zu mindestens 4 Satelliten liegen Pseudostreckenmessungen vor:

$$P_r^{s^1} = \rho_r^{s^1} + cdt_r - cdt_{s^1} = \sqrt{(x^{s^1} - x_r)^2 + (y^{s^1} - y_r)^2 + (z^{s^1} - z_r)^2} \quad (2-07)$$

$$P_r^{s^2} = \rho_r^{s^2} + cdt_r - cdt_{s^2} = \sqrt{(x^{s^2} - x_r)^2 + (y^{s^2} - y_r)^2 + (z^{s^2} - z_r)^2} \quad (2-08)$$

$$P_r^{s^3} = \rho_r^{s^3} + cdt_r - cdt_{s^3} = \sqrt{(x^{s^3} - x_r)^2 + (y^{s^3} - y_r)^2 + (z^{s^3} - z_r)^2} \quad (2-09)$$

$$P_r^{s^4} = \rho_r^{s^4} + cdt_r - cdt_{s^4} = \sqrt{(x^{s^4} - x_r)^2 + (y^{s^4} - y_r)^2 + (z^{s^4} - z_r)^2} \quad (2-10)$$

4 Unbekannte sind zu berechnen:

$x_r, y_r, z_r$  ----- Empfängerposition  
 $dt_r$  -----Empfängeruhrfehler

Der Empfängeruhrfehler wird als eine Unbekannte betrachtet, weil im GPS-Receiver keine viel zu teuren Atomuhren genutzt werden sondern nur Quarzkristalluhren [LEICK 1995].

Wenn die Code-Messungen zu 4 Satelliten vorliegen, kann das Gleichungssystem mit 4 Gleichungen und 4 Unbekannten gelöst werden. Falls mehr als 4 Satelliten gemessen wurden oder mehrere Messepochen zusammengefasst werden, um die Position zu bestimmen, kommt die Ausgleichsrechnung zum Zuge [ROTHACHER 2000].

Im Allgemeinen (keine SA-Selected Availability) kann man mit der absoluten Methode in Echtzeit eine Genauigkeit von 10-15m in der Lage und 20m in der Höhe erreichen. Wenn bei der Auswertung die genauen Satellitenbahndaten, Satellitenuhrkorrekturen und DGPS-Korrekturen (siehe Kap. 2.1.7.) verwendet werden, kann man mit der Code-Messung eine Positionsgenauigkeit im 1m-Bereich erzielen [SU 2003].

#### 2.1.4.2. Die geometrische Einflussfaktoren zur GPS-Codemessung

Die Qualität der GPS-Lösung hängt immer von Satellitengeometrie und von der Zahl der Satelliten ab. Je mehr die Satelliten beobachtet werden, desto besser ist die Genauigkeit der Positionierung.



DOP (Dilution of Precision) gewichtet die geometrische Konfiguration der benutzten Satelliten. Die wichtigen Maßfaktoren GDOP (Geometric Dilution of Precision), PDOP (Position Dilution of Precision) und TDOP (Time Dilution of Precision) sind definiert als:

$$\text{GDOP} = \sqrt{q_{ss} + q_{xx} + q_{yy} + q_{zz}} \quad (2-11)$$

$$\text{PDOP} = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz}} \quad (2-12)$$

$$\text{TDOP} = \sqrt{q_{ss}} \quad (2-13)$$

Dabei sind  $q_{ss}$ ,  $q_{xx}$ ,  $q_{yy}$ ,  $q_{zz}$  die Hauptdiagonalelemente der Kofaktormatrix  $(U^t U)^{-1}$  der Unbekannten [WUNDERLICH 1993]. Damit kann man die Genauigkeit der GPS-Navigationslösung angeben:

$$\sigma_{\text{nav}} = \sigma_p * \text{GDOP} \quad (2-14)$$

wobei  $\sigma_p$ : Standardabweichung der Pseudostrecken.

Ebenso können die Genauigkeit der dreidimensionalen Position  $\sigma_{3d}$  und der Empfängeruhrkorrektur  $\delta_T$  berechnet werden:

$$\sigma_{3d} = \sigma_p * \text{PDOP} = \sigma_p * \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz}} \quad (2-10)$$

$$\sigma_T = \sigma_p * \text{TDOP} = \sigma_p * \sqrt{q_{ss}} \quad (2-15)$$

Um eine sichere und genaue Position der GPS-Empfänger zu erreichen, sollte man auf einen optimalen GDOP-Wert achten. Ein GDOP-Wert für eine diskrete Konfiguration Empfänger/vier Satelliten verhält sich umgekehrt proportional zum Volumen  $V_\Theta$  des von den Richtungseinheitsvektoren Receiver-Satellit aufgespannten Tetraeders [WUNDERLICH 1992].

$$\text{GDOP}(T_i) \sim 1 / V_\Theta(t_i) \quad (2-16)$$

Im Allgemeinen gilt: je ausgedehnter die Verteilung der Satelliten im Raum ist, desto größer ist das Volumen. Wenn die Elevation der Satelliten eine bestimmte Bedingung erfüllt, wird das Volumen nahezu maximal, indem ein Satellit in der Zenitrichtung liegt und die Winkel zwischen den anderen 3 Satelliten jeweils ungefähr  $120^\circ$  betragen [ZHOU et al. 1997].

### 2.1.5. GPS-Fehlereinflüsse

Um die Genauigkeit des A-GPS weiter verbessern zu können, sollen zuerst die diesbezüglichen Faktoren, welche die GPS-Messung in der Messgenauigkeit beeinflussen können, analysiert werden.

Der Beobachtungsfehler einer Pseudostrecke besteht aus den drei folgenden verschiedenen Anteilen (Abb.2-009):

- Satellitenfehler
- Signalausbreitungsfehler.
- GPS-Empfängerfehler

Die Effekte der verschiedenen Einzelfehler ergeben einen Entfernungsfehler zwischen Satellit und GPS-Empfänger und wirken sich auf den Gesamtfehler der Navigationsaufgabe aus (Tab.2-001).

Fehler		Effekte auf Entfernung (m)	
		P-Code	C/A-Code
Satelliten	Bahnfehler	4,2	4,2
	Satellitenuhrenfehler	3,0	3,0
Signalausbreitung	Ionosphäre	-	2- 100
	Troposphäre	Dm	2Dm
	Mehrweg	1m	5m
Empfänger	Receiver Noise	0,1-1m	1-10m
	Instr. Verzögerung	Dm-m	m
	Phasenzentrum	mm-cm	mm-cm

Tab.2-001: Fehler der Code-Messung [BAUER 1997]

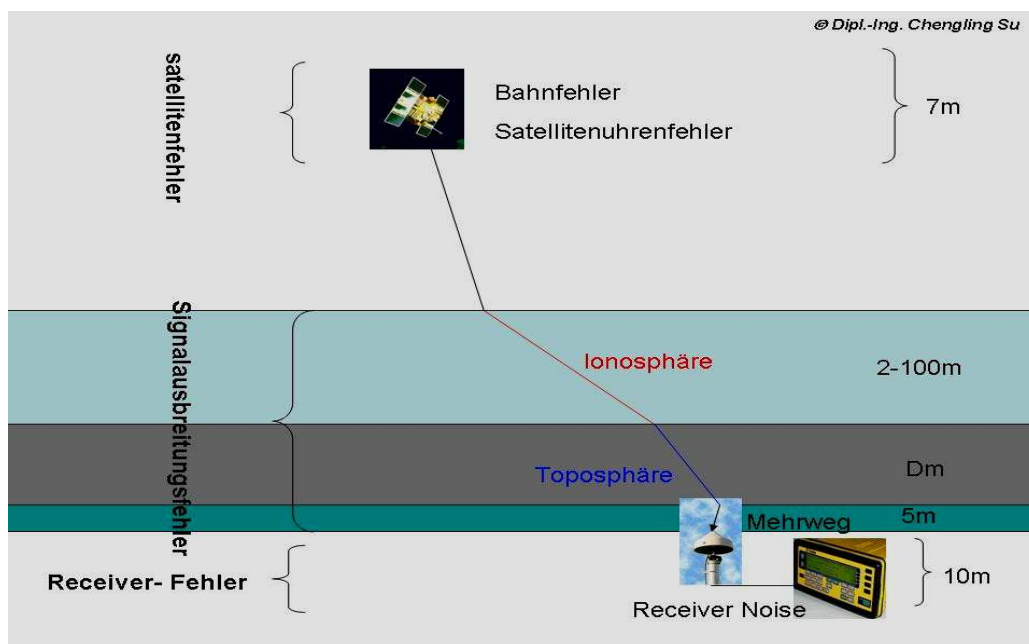


Abb.2-009: Darstellung der Fehler von Code-Messungen

### 2.1.5.1. UERE (User Equivalent Range Error)

#### 2.1.5.1.1. Satellitenfehler---Ephemeridenfehler und Satellitenuhrenfehler

Der wichtigste Fehler der GPS-Messung ist der Satellitenbahnfehler. Ohne SA wurden die Genauigkeiten der ausgestrahlten Ephemeriden in der Größenordnung 5-10m festgestellt [MÜLLER 1992].

Wegen der Relativbewegung ergibt sich eine Unsynchronisation zwischen Satellitenuhren und GPS-Empfängeruhren, obwohl die Satellitenuhren sehr genau sind. Diese Abweichungen zwischen Satellitenuhren und GPS-Zeit verschlechtern die Ephemeriden, indem diese einer verfälschten Zeitmarke zugeordnet werden. Durch die kontinuierliche Kontrolle des Satellitenzustands können diese Uhrenfehler mit diesbezüglichen Parametern aus dem Navigationscode korrigiert werden. Die Formel zur Korrektur der Uhrenfehler lautet [ZHOU et al. 1997]:

$$\delta t_j = a_0 + a_1(t-t_{oe}) + a_2(t-t_{oe})^2 \quad (2-17)$$

wobei:     $t_{oe}$ : Referenzzeitpunkt  
 $a_0$ : Satellitenuhrenkorrektur  
 $a_1$ : Satellitenuhrendrang (oder Frequenzshift)  
 $a_2$ : Veränderungsrate des Satellitenuhrendrangs

Obwohl die Korrekturen der Satellitenuhren angebracht werden, führt der Satellitenuhrenfehler noch zu einem Fehler von  $\pm 1$  m bei der Streckemessung [BAUER 2003].

Die präzisen Ephemeriden und Uhrstände kann man von verschiedenen internationalen Organisationen, z.B. NIMA (the National Imagery and Mapping Agency), NASA JPL (National Aeronautics and Space Administration Jet Propulsion) und IGS (International GNSS Services), normalerweise mit SP3 (Standard Product 3) herunterladen [REMONDI 1991; HILLA 2002]. Die meisten wichtigen Dateien wird man von IGS bekommen können [SEEBER 2003].

Für die A-GPS-Technik können die Ephemeriden aus den Navigationsdaten in GPS-Signalen, die vom A-GPS-Server eingeführt werden, direkt genutzt werden. Wenn die Genauigkeit der A-GPS-Positionierung erhöht werden soll, muss man die genauen Ephemeriden von IGS oder ähnlichen GPS-Netzen herunterladen (Tab.2-002).

Bahn	Genauigkeiten	Latenzzeit	Updates	Sample Interval
Broadcast	~160cm/~7ns	Real time	--	Täglich
Ultra-rapid	~10cm/~5ns	Real time	4 mal täglich	15Min./15Min.
Rapid	<5cm/0.1ns	17 Stunden	täglich	15Min./5Min.
Final	<5cm/<0.1	~13 Tage	wöchentlich	15Min./5Min.

Tab.2-002: Präzise IGS GPS-Bahnen und Uhrendaten

#### 2.1.5.1.2. Signalausbreitungsfehler

### 2.1.5.1.2.1. Ionosphäre

Die Ionosphärenschicht erstreckt sich ungefähr von 50 km bis 1000 km über der Erdoberfläche [SEEBER 2003]. Die Auswirkung des Ionosphärenfehlers auf die Entfernungsmessung beträgt von 1m bis mehr als 100 Meter [WELLS (ed.) 1986; KLOBUCHER 1991, 1996]. Den Brechungsindex der Ionosphäre kann man mit der folgenden Formel darstellen [SEEBER 2003]:

$$n_g = 1 + 40.3 \frac{n_e}{f^2} \quad (2-18)$$

wobei:

$n_e$ : Zahl von Elektronen

$f$ : Frequenz der Trägerwelle

### 2.1.5.1.2.2. Troposphäre

Die Troposphäre dehnt sich von 0 bis ca. 10 km Höhe über der Erdoberfläche aus. Die Verzögerung der GPS-Signale in der neutralen Atmosphäre ist nicht dispersiv, d.h. frequenzunabhängig, während die Ionosphäre dagegen dispersiv wirkt [ROTHACHER 2003]. Die Gesamtverzögerung wirkt sich mit etwa 2-3 m in Zenitrichtung und etwa 20 m bei einer Elevation von  $10^\circ$  aus [SEEBER 2003].

Die troposphärische Verzögerung hängt von der Länge des Weges in der Atmosphäre ab und ist eine Funktion des Zenitwinkels  $z$  des Satelliten. Die Verzögerung von Troposphäre wird oft als Produkt der Zenitverzögerung und der sogenannten „Mapping function“  $f(z)$  geschrieben [ROTHACHER 2000]:

$$\delta_{\text{trop}}(z) = f(z) \delta_{\text{trop}}(0) \quad (2-19)$$

$$f(z) = \frac{1}{\cos(z)} \quad (2-20)$$

$f(z)$  ist die einfachste Mapping-Funktion.

### 2.1.5.1.2.3. Mehrwegeeffekte (Multipath)

Mehrwegeeffekte bedeuten, dass ein oder mehrere reflektierte Signale zugleich mit den direkten GPS-Signalen die GPS-Antenne erreichen. Die Mehrwegeeffekte können sich sowohl auf die Code- als auch auf die Phasenmessung auswirken. Der Beobachtungsfehler aus Mehrwegeeffekten auf die C/A-Code-Messung beträgt meist einige Meter; in extremer Umgebung kann er bis zu 100 Meter und mehr erreichen.

### 2.1.5.2. UEE (User Equipment Errors)

An empfangenseitigen Fehlern sind Antennen-zentrumsvariationen, Empfängerrauschen, Interkanalbias und Oszillatorsinstabilität zu erwähnen [SEEBER 2003].

### 2.1.6. GPS-Zeit

Die GPS-Signale basieren auf GPS Time und werden von einer U.S. Air Force GPS Monitorstation [TEUNISSEN et al. 1998] kontrolliert. Die GPS-Zeit stimmt mit der UTC-Zeitskala zum Nullpunkt am 06.01.1980 überein. Danach unterscheiden sich die beiden Zeitsysteme in ganzzahligen Sekunden, der Zusammenhang wird folgendermaßen dargestellt [ZHOU et al. 1997]:

$$\text{GPST} = \text{UTC} + 1^s * n - 19^s \quad (2-21)$$

### 2.1.7. Code-Phase Differential GPS

Wie in der Tab.001 ausgeführt wird, sind die wesentlichen Fehler, die sich bei GPS auf die Pseudorangemessung auswirken:

- Satellitenbahn- und Uhrenfehler
- Ionosphäre und Troposphäre
- Mehrweg-Effekte
- Receiver Noise.

Nur die zwischen Referenzstation und Rover korrelierten Fehler können mittels DGPS korrigiert werden, z.B. Satellitenbahn- und Uhrenfehler sowie Ionosphäre bzw. Troposphäre [Parkinson et al.1996]. Die nicht korrelierten Fehler, z.B. Mehrweg, Receiver Noise und Interferenz etc. kann man jedoch nicht mit DGPS eliminieren.

Unter den wichtigsten A-GPS-Assistenzdaten, die durch DGPS berechnet und übertragen werden, ist die Messwertkorrektur: z.B. Pseudorange-Korrekturwert.

Mit Code-Beobachtungen auf der Referenzstation kann man über folgende Formel die Pseudorange zwischen der Referenzstation und den Satelliten berechnen [SU 2003].

$$\rho_r^s = c * (t_r - t^s) \quad (2-22)$$

wobei:  $\rho_r^s$ : Distanz zwischen Empfänger und Satellit  
 $t_r$  Zeitpunkt des Empfangs  
 $t^s$ : Zeitpunkt der Emission des Signals in GPS-Zeit

Die Koordinaten der Referenzstation sind a priori genau bekannt. Mit den zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannten Koordinaten aus GPS und den genauen Koordinaten der Referenzstation können die korrekten Distanzen  $\rho_r^s$  zwischen Referenzstation und den Satelliten berechnet werden.

So kann man auch den Pseudorange-Korrekturwert leicht erhalten:

$$\Delta\rho = \rho_r^{s'} - \rho_r^s \quad (2-23)$$

Diese Korrekturwerte können rechtzeitig zur mobilen Station mit verschiedenen Datenübertragungsmethoden übertragen (Abb.2-010-02) und die Pseudoranges zwischen mobiler Station und Satelliten gleichzeitig korrigiert werden.

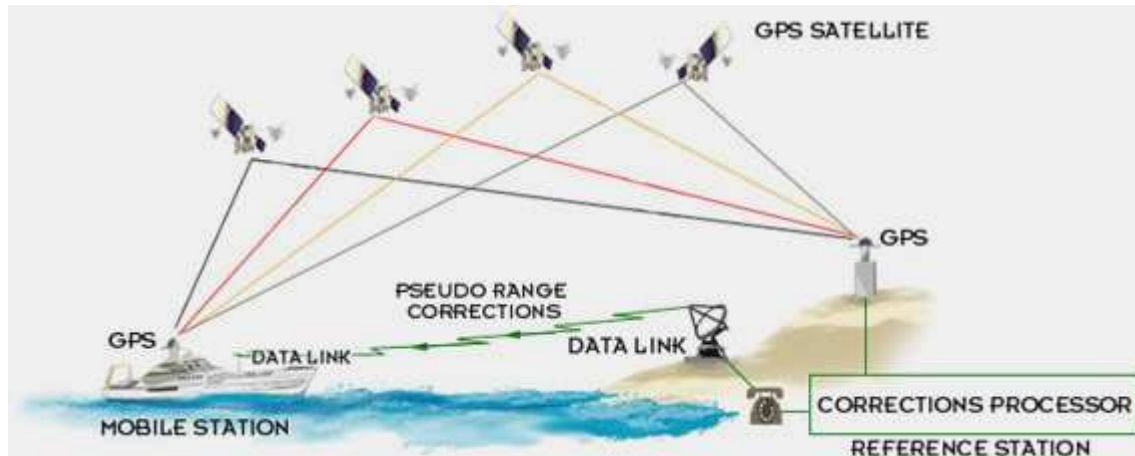


Abb.2-010 Prinzip von DGPS [<http://www.hr-tews.de/GPS/dgps.htm> ]

Da die Satellitensignale bei benachbarten Beobachtungspunkten durch nahezu identische Atmosphärenschichten verlaufen, sind auch die Signalausbreitungsfehler bei benachbarten Beobachtungspunkten nahezu gleich. Es kommt so zu einem weiteren Streckenmessfehler der gleichen Größenordnung für Referenzstation und benachbarte Stationen, welcher in der berechneten Streckenkorrektur enthalten ist. Die Verbesserung korrigiert also neben dem Ephemeridenfehler noch den Signalausbreitungsfehler [BAUER 1997].

### 2.1.8. Modernisierung des GPS-Systems

Für den zivilen Nutzer steht im Augenblick ohne Einschränkungen nur der C/A-Code des L1-Signals zur Verfügung. Das Fehlen eines Codes auf L2, was die Schätzung der Ionosphäre in Echtzeitanwendungen unmöglich macht, die geringe Signalstärke und Verschlechterungen durch Multipath Reflektionen begrenzen die Positionierungsgenauigkeit und schließlich die Eindringtiefe in Bauwerke sehr. Seit 1996 ist jedoch die Modernisierung von GPS schon im Gange [BECKER 2006].

#### 2.1.8.1. Erweiterung bestehender und neue Frequenzen

Seit 2005 gibt es ein neues ziviles Signal auf L2 (L2C) in GPS Block IIR-M, ab 2008 wird es ein weiteres ziviles Signal geben (L5-Signal) in GPS Block IIF. Seit 2005 werden neue militärische Codes (M-Code) auf L1 und L2 abgestrahlt. Ab 2011 wird in GPS Block III noch ein neues ziviles Signal auf L1(L1C) gesendet [GLÜCKERT 2006].

Der Zeitplan zur GPS-Modernisierung ist in Tab. 2-003 deutlich zu ersehen.

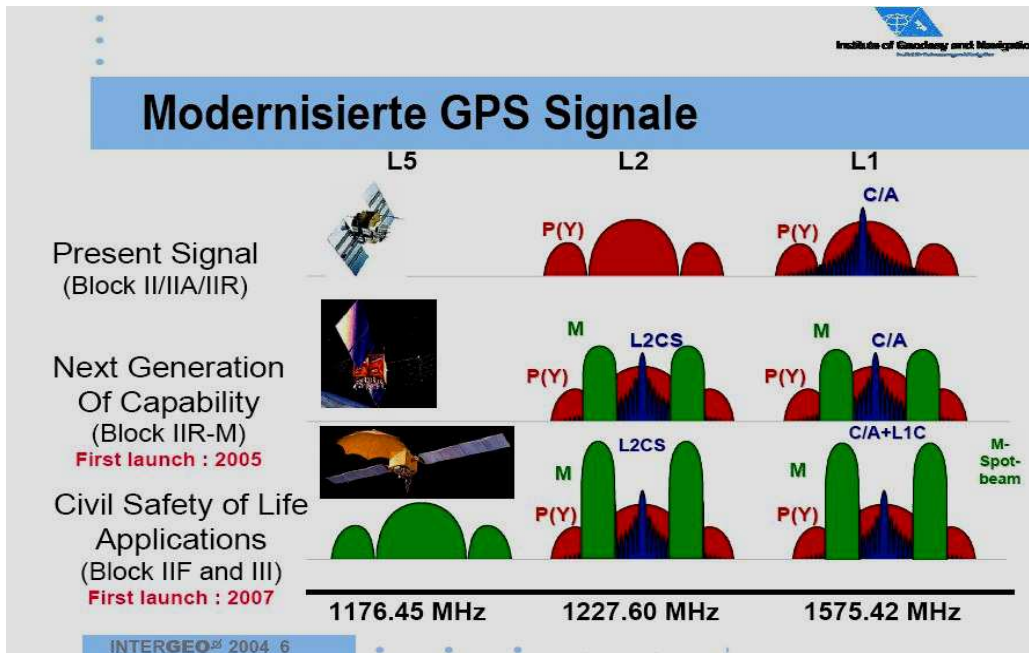
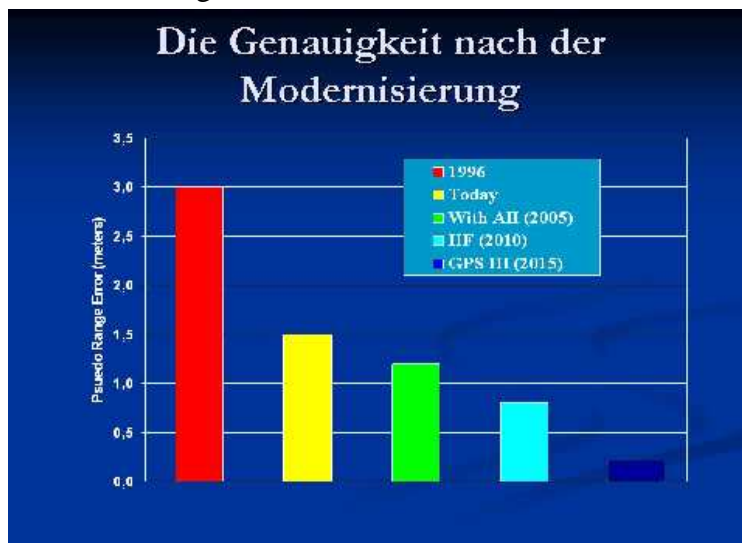


Abb.2-011-01: Modernisierte GPS-Signale [EISFELLER 2004]

Satelliten	Zahl	Signale			Erster Satellit
		L1	L2	L5	
Block I	10	C/A,P(Y)	P(Y)		1978
Block IIA	15	C/A,P(Y)	P(Y)		1989
Block IIR	12	C/A,P(Y)	P(Y)		1997
Block IIR-M	8	C/A,P(Y),L1M	P(Y),L2C,L2M		2005
Block IIF	19	C/A,P(Y),L1M	P(Y),L2C,L2M	L5	2008
Block III	30	C/A,P(Y),L1M,L1C	P(Y),L2C,L2M	L5	2011

Tab.2-003: Zeitplan zur GPS- Modernisierung

Bei [MCDONALD 1999] findet man die Aussage, dass nach Abschluss der Modernisierungsmaßnahmen die mit einem autonomen GPS-Empfänger zu erreichende Genauigkeit für einen zivilen Nutzer unter Nutzung der C/A-Codes auf L1 und L2 bei 5 Metern liegen wird.



Bei zusätzlicher Nutzung der L5-Signale wird eine Genauigkeit von 0.5 Meter erwartet (Abb.2-011-02). Damit werden DGPS-Dienste an Bedeutung verlieren [Bauer 2003].

Abb.2-011-02: Genauigkeiten von GPS nach der Modernisierung

### 2.1.8.2. Erweiterung des Kontrollsegments

Die von jetzigen Kontrollsegment berechneten Satellitenbahndaten genügen nur für herkömmliche Navigation, für präzise geodätische Beobachtungen, die Bestimmung der Erdrotation sowie die Erdkrustenbewegungen ist die Genauigkeit der Satellitenbahnen jedoch noch nicht ausreichend. So muss das Kontrollnetzwerk verbessert werden, wovon aber alle Anwender profitieren.



Abb.2-012: GPS-Kontrollstationen nach der Modernisierung [GLÜCKERT 2006]

Die Maßnahmen im Einzelnen sind [SU 2007]:

- Erhöhung der Qualität der GPS-Empfänger auf den Kontrollstationen.
- Stationsvernetzung nach Planung 11 NGA(National Geospatial Agency)- (Abb. 2-012).
- Aufbau einer alternativen Master Kontrollstation in Vandenberg.
- Verbesserung der Konfiguration der Master Kontrollstation.

Am 18.08.2005 wurden 6 NGA Stationen in GPS Kontrollsegments vernetzt und deren Daten wurden nach Master Kontrollstation in Colorado übertragen zur Berechnung der Almanache.

## 2.2. GALILEO

Vor allem aus politischen Gründen hat die Europäische Kommission am 10.02.1999 ein autonomes Programm zur Satellitennavigation mit der Bezeichnung GALILEO vorgeschlagen [BAUER 2003]. Am 26.03.2002 hat der Europäische Rat dem Stapellauf des European Civil Satellite Navigation Programm zugestimmt [LEICK, 2003]. Dieses Projekt wird von Organen der Europäischen Union (EU) und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) durchgeführt [EU 2002a]. Seit Oktober 2003 läuft der Auswahlprozess für den Konzessionär [EISFELLER et al. 2006a]. Nach den Planungen waren die folgenden Phasen vorgesehen [EU 2001]:



- IOV (In Orbit Validation) Phase bis 2009
- Errichtungsphase 2010-2012
- Betriebsphase: ab Ende 2012

Nachdem das Modell von PPP (Public Private Partnership) zum Aufbau und Finanzierung von Galileo in Juni 2007 gescheitert ist, haben die EU-Verkehrsminister Unterstützung für das bedrohte Satellitennavigationssystem Galileo ausgesprochen. Im Herbst soll entschieden werden, wie das System finanziert werden kann. Klar ist bis jetzt nur, dass die öffentliche Hand zur Kasse gebeten wird [INTERNET 56]. Allerdings wird inzwischen von einer Verlängerung des Zeitplanes um etwa 2 oder mehrere Jahre ausgegangen.

### 2.2.1. Raumsegment von GALILEO

Die Konstellation von Galileo wird aus insgesamt 30 MEO (Mean Earth Orbiting) Satelliten Walker-Index 27/3/1 (+3 Ersatzsatelliten) bestehen, die auf drei Bahnebenen verteilt sind. Die Bahnhöhe beträgt 23.616 km und die Bahnneigung  $56^\circ$ . Der GALILEO Satellit hat eine Masse von 625 kg, generiert eine Primärleistung von 1500 Watt und fällt mit linearen Abmessungen von  $2.7 \times 1.2 \times 1.1$  m<sup>3</sup> in die Kategorie von Minisatelliten [BENEDICTO et al. 2000]. Im Gegensatz zu GPS ist die Integration eines Retroreflektors vorgesehen, um die Bahnstimmung auch mit Laserentfernungsmessung zu stützen [EISFELLER et al. 2006a].

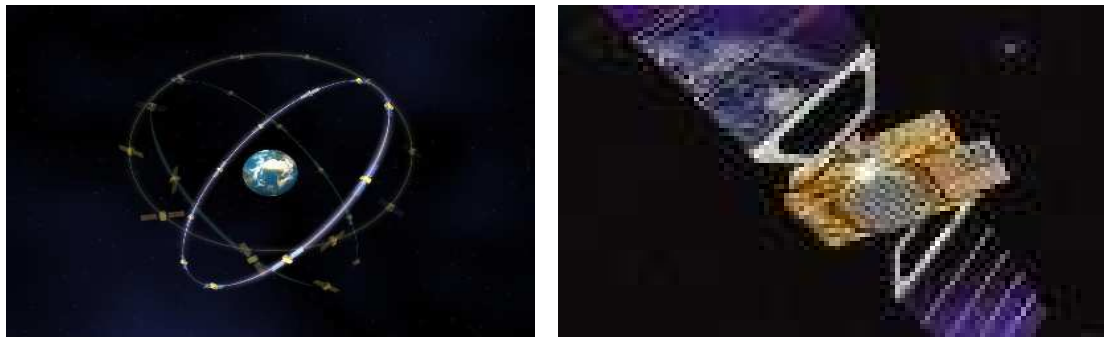


Abb.2-013: Satellit und Konstellation von Galileo

### 2.2.2. GALILEO Dienste

Allein auf dem Raumsegment basierend, wird GALILEO die vier folgenden grundlegenden Navigationsdienste bzw. Gruppen von Navigationsdiensten anbieten [SCHÄFER et al. 2002]:

- den sog. Open Service,
- eine Gruppe von sog. Commercial Services,
- den sog. Safety-of-Life Service und
- einen sog. Public Regulated Service.

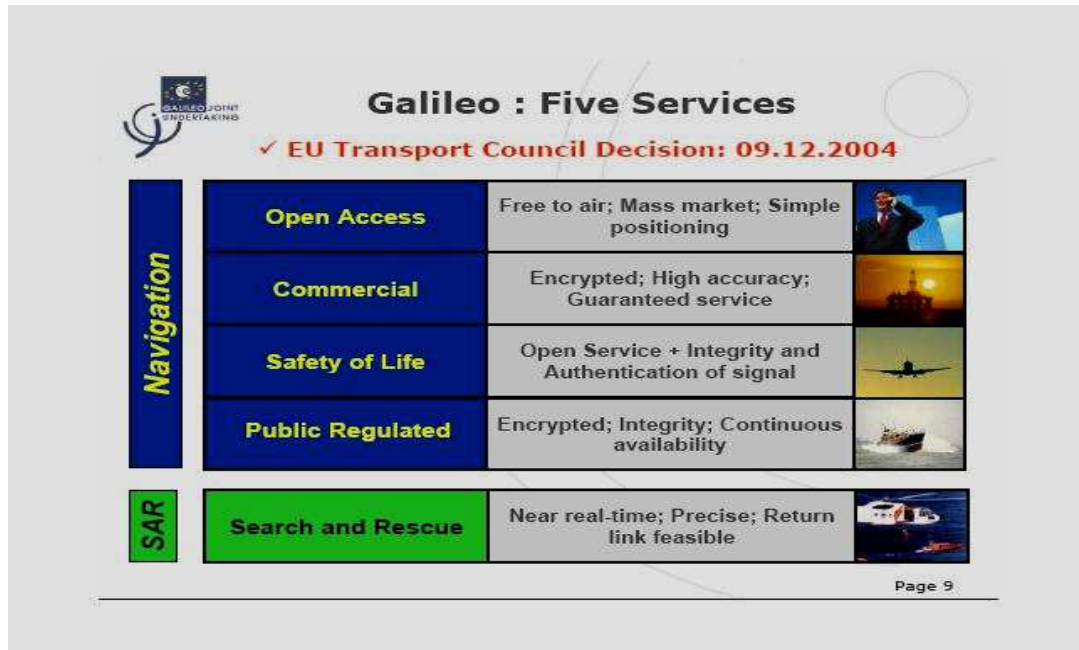


Abb.2-014: GALILEO-Services [TJADEN 2006]

Im Zusammenhang mit den bei den Navigationsdiensten implementierten Search- and -Rescue Diensten kann man die GALILEO Services wie in der Abb. 2-014 darstellen.

Die wesentlichen Leistungsparameter sind in Abb.2-015 [EU 2003] zusammengestellt.

	Open Service (OS)	Commercial Service (CS)		Public Regulated Service (PRS)		Safety of Life Service (SoL)
<b>Coverage</b>	Global	Global	Local	Global	Local	Global
<b>Accuracy</b> - horizontal (h) - vertical (v)	h = 4m v = 8m (dual frequency) h = 15 m v = 35 m (mono-frequency)	<1m (dual frequency)	< 10cm (locally augmented signals)	h = 6,5m v = 12m	1m (locally augmented signals)	4-6m (dual frequency)
<b>Availability</b>	99.8%	99.8%		99-99.9%		99.8%
<b>Integrity</b>	No	Value-added service		Yes		Yes

Abb.2-015: GALILEO-Dienste [EU 2003]

### 2.2.3. Galileo-Signale

Bei GALILEO gibt es im Prinzip 4 Frequenzbänder(Abb.2-016) für Signale.

Band / Signal	Carrier Frequency	Bandwidth	Minimum Reception Power	Typical $C/N_0$	Modulation	Chip Rate	Data Rate
E5a	1176,45 MHz	24 MHz	-155 dBW	50 dBHz	AltBOC(15,10)	10,23 Mcps	50 sps
E5b	1207,14 MHz	24 MHz	-155 dBW	50 dBHz		10,23 Mcps	250 sps
E6	1278,75 MHz	40 MHz	-152 dBW	50 dBHz	BOC <sub>cos</sub> (10,5)	5,115 Mcps	1000 sps
L1	1575,42 MHz	32,736 MHz	-152 dBW	45 dBHz	BOC(1,1)	1,023 Mcps	250 sps

Abb.2-016: Galileo-Signale [EISFELLER et al. 2006a]

### 2.3. Konkurrenz und Kompatibilität zwischen GPS und Galileo

Vor allem sollte GALILEO ein nur für rein zivile Zwecke konzipiertes Satellitennavigationssystem sein, während das GPS-System nebenher für zivile Zwecke verwendet werden kann. Es ist äußerst wichtig für EUROPA und die ganze Welt, eine Wahlmöglichkeit zu haben und nicht mehr vom derzeitigen amerikanischen Monopol auf das GPS-System abhängig zu sein [EU 2002a].

Im Gegensatz zu den entscheidenden Nachteilen des GPS [FENG 2003] - wie militärische Kontrolle von Systeminfrastruktur, Operation, Nutzerzugriff etc. sowie Signalblockade, Satellitenausfall, Signalverweigerung oder Signaldegradierung durch absichtliche oder unabsichtliche Störung und Einmischung, mangelhafte Lösungen für Safety-of-life - stellt das GALILEO den zivilen Nutzern die folgende Vorteile wie

- Servicegarantien,
- globale Integrität,
- verbesserte Signale,
- Search and Rescue Services,
- Unterstützung von regionalen und lokalen value-added Services

[EU 2002c; BLOMENHOFER et al. 2003] zur Verfügung.

In fünf bis zehn Jahren wird ein wahrlich vielfältiges Globales Navigation Satelliten System (GNSS) mit Kompatibilität und Interoperabilität zwischen den verschiedenen Systemen entstehen, das aus U.S. GPS, europäischem GALILEO bzw. russischem GLONASS, chinesischem CNSS und auch regionalen Zuwächsen - z.B. WAAS (Wide Area Augmentation System), EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), U.S. Nationwide Differential GPS etc. - besteht [GLEN GIBBONS 2004].

Die Vorteile des zukünftigen GNSS ergeben sich aus der Kombination zwischen existierenden Satellitennavigationssystemen. Die nahezu verdoppelte Anzahl an Satelliten [SCHÄFER et al. 2002] erhöht die Verfügbarkeit einer für eine Positionierung ausreichenden Anzahl von Satelliten auch in kritischen Empfangsumgebungen (Abb.2-017), verbessert die Positionierungsgeometrie und die

Genauigkeit der Positionierungslösung (Abb.2-017) und erhöht die Möglichkeit redundanter Beobachtungen.

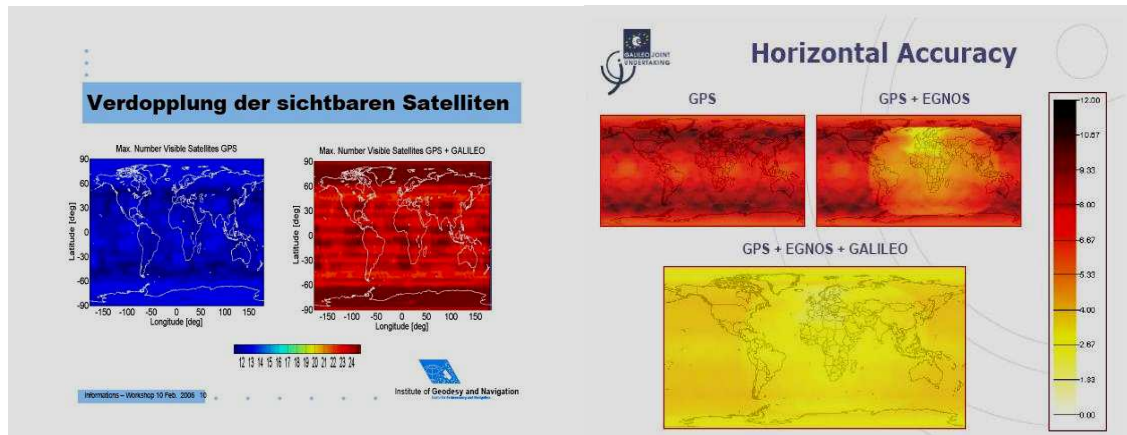
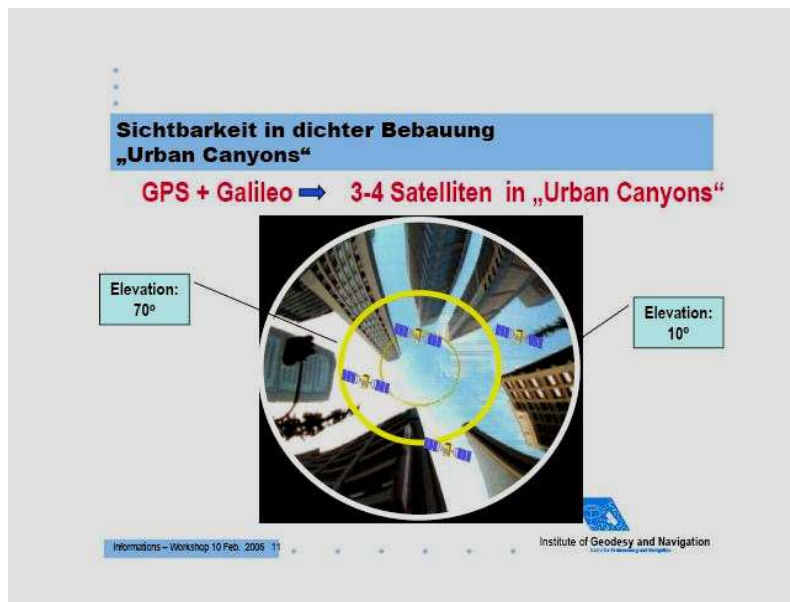


Abb.2-017: Verdopplung der sichtbaren Satelliten [EISFELLER 2006b] und deren Genauigkeiten [TJADEN 2006]

## 2.4. GPS-Modernisierung und Galileo für Urban- und Indoor-Bereich

### 2.4.1. Urbane Schluchten

Ein Empfänger kann alle Signale von jedem Satelliten in verschiedenen



Konstellationen aufnehmen, um die Position aufzulösen. Das Problem urbaner Schluchten reduziert sich enorm [O'DONNELL et al. 2003], weil die Anzahl sichtbarer Satelliten auch dort wegen der Kombination aus GPS und Galileo drei bis vier erreichen kann (siehe Abb. 2-018).

Abb.2-018: Sichtbarkeit von GPS und Galileo Satelliten in dichter Bebauung [EISFELLER 2006b]

### 2.4.2. Unterstützung bei Indoor Signalen

Das neue zivile Signal auf L1 (L1C) und das zusätzliche zivile Signal auf L2 (L2C) aus der GPS-Modernisierung können die „Indoor Ortung = (-180dBW)

GPS“ [CABLER] unterstützen. Das neue L2C Signal verfügt über 24dB oder 251-Mal bessere Kreuzkorrelationseigenschaften als L1 C/A, den Code CM mit Navigationsdaten und einen navigationsdatenfreien Code CL [BECKER 2006]. Mit dem Code CL ohne Navigationsdaten kann die Akquirierung und Verfolgung besser sein, aber wesentlich sind die Genauigkeiten durch Ionosphärenbestimmung zu verbessern, indem die Linienkombination aus Codemessungen von C/A-Code in L1 und L2C-Code in L2 gebildet wird.

Die Beobachtung von C/A-Codemessung auf L1 lautet

$$P_{C/A} = \rho - I_1 \quad (2-24)$$

wobei:  $I_1$ : Ionosphärenverzögerung in L1-Träger,  
 $\rho$ : Anteil der Lichtlaufzeit, enthält Geometrie, troposphärische Reflektion und relativistische Korrekturen [ROTHACHER 2000],  
 $P_{C/A}$ : Pseudorange auf L1( C/A Code).

Ebenso ist die Beobachtung von L2C-Codemessung auf L2

$$P_{L2C} = \rho - I_2 \quad (2-25)$$

wobei:  $I_2$ : Ionosphärenverzögerung in L2-Träger,  
 $P_{L2C}$ : Pseudorange auf L2( L2C Code).

Die ionosphärische Verzögerung  $I$  ist proportional zu  $f^2$  [ROTHACHER 2000], also

$$I_2 = \frac{f_1^2}{f_2^2} I_1 \quad (2-26)$$

Und somit

$$P_{L2C} = \rho - \frac{f_1^2}{f_2^2} I_1 \quad (2-27)$$

Durch die Differenzbildung zwischen beiden Pseudostrecken auf L1 und L2 können die Ionosphärische Verzögerungen  $I_1$  und  $I_2$  bestimmt werden.

$$P_i = P_{C/A} - P_{L2C} = -(1 - \frac{f_1^2}{f_2^2}) I_1 \quad (2-28)$$

Die QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)-Modulation erlaubt die Trennung von einem datenfreien Kanal Q und dem Datenkanal I mit gleicher Leistung von -157dBW, was zu einer robusten Phasenmessung und geringen Mehrwegeeffekten führt [BECKER 2006]. Ein zusätzlicher Neuman-Hoffman Code mit minimaler Kreuzkorrelation und der zehnfachen Länge des bisherigen L1 C/A-Code auf L5 wird

durch größere Bandbreite von 24 MHz abgestrahlt [CABLER]. Ein solcher Code kann wesentlich besser verfolgt und demoduliert werden.

Die bei Galileo konzipierten stärkeren Signale können wahrscheinlich die Indoor Lösung verbessern [FENG 2003]. Durch die Kombination von GPS und Galileo können die Code-Messung bzw. auch die Indoor-Lösung genauer ausgewertet werden, weil es verbesserte Ionosphärenmodelle für Einfrequenz-Empfänger und verbesserte Troposphärenmodelle mit Berücksichtigung niedriger Elevationen [GUO et al. 2003] gibt. Mit durchschnittlich 16 sichtbaren Satelliten können die Mehrwegfehler entdeckt und geschätzt werden [FENG 2003].

## 2.5. GLONASS

Russland hat mit GLONASS (GLObales Navigations- Satelliten- System) ebenfalls ein eigenes Satellitennavigationssystem entwickelt. Vom Abschuss des ersten Satelliten in 1982 ab wurden bis 1995 insgesamt 21 Satelliten für den Normalbetrieb und 3 Satelliten zur Reserve in Umlaufbahnen gebracht. Wegen des Zerfalls der Sowjetunion und der schlechten Konjunktur wurde dieses System kaum instand gehalten und funktionierte 2001 nur mit 7 Satelliten (Tab.2-005). Ab 2002 begann die Anzahl der funktionsfähigen Satelliten wieder anzusteigen. Das Problem dabei war die hohe Ausfallrate aufgrund der sehr kurzen Lebensdauer der einzelnen Satelliten von nur drei Jahren.

### 2.5.1. Der Überblick über das System

Die wichtigsten Systemdaten umfassen die folgenden Merkmale[GLONASS]:

- Vollausbau mit 24 Satelliten in 3 Bahnebenen
- Bahnneigung 64.8 Grad
- Bahnhöhe 19.100 km
- Große Halbachse 25.500 km
- Umlaufzeit 11:15 Stunden
- Alle Satelliten senden mit gleichem Code, aber auf verschiedenen Frequenzen im MHz-Bereich.

### 2.5.2. Aufbauverlauf [XU et al. 2007, GLONASS]

Jahre	Satelliten von GLONASS
1982	Start des ersten Uragan-Testsatelliten
1995	25 Uragan
1998	13 Uragan
2001	7 Uragan
2002	7 Uragan, 1 Uragan-M
2005	3 Uragan-M, 1 Uragan
2006	6 Uragan-M, 1 Uragan
2007	12 Uragan-M
2008	18 Uragan-M
2009	18 Uragan-M, 6 Uragan-K

Tab.2-004: Aufbauverlauf des russischen GLONASS

Aus der Tabelle 2-005 kann man deutlich ersehen, wie das GLONASS in der Vergangenheit aufgebaut wurde sowie in der Zukunft wird. Wegen der kurzen Lebensdauer der Satelliten werden seit 2001 verbesserte Uragan - M-Satelliten mit einer Lebensdauer von 7 Jahren eingesetzt. Mit dem Zusammenarbeitsabkommen zwischen Russland und Indien vom 25./ 26. Januar 2007 wird eine neue Uragan - K-Generation von GLONASS-Satelliten mit geringerer Startmasse und einer Lebensdauer von zehn Jahren hergestellt werden. Ende 2005 wurden zwei Uragan - M-GLONASS Satelliten und Ende 2006 deren drei gestartet. 2007 und 2008 sollen jeweils sechs weitere Uragan - M-Satelliten folgen. 2009 sollen die ersten Uragan - K-Satelliten gestartet werden, die die Uragan - M-Satelliten ersetzen. Bis 2008 sollen wie geplant 18 einsatzfähigen Satelliten im Orbit laufen, was eine völlig räumliche und zeitliche Abdeckung des russischen Territoriums erlaubt. Bis Ende 2009 soll das System 24 Satelliten für eine weltweite Abdeckung umfassen.

### **2.5.3. Genauigkeiten und Nutzung**

GLONASS versieht seine C/A-Signale mit 100 Meter Genauigkeit und seine P Signale mit 10-20 Meter [GLONASS<sup>1</sup>], aber nach der Vervollständigung in 2011 wird die zivile Genauigkeit von GLONASS bis 1 Meter erreicht [INTERNET, 57]. Es ist möglich, Navigationsgeräte aufzubauen, die Satelliteninformationen sowohl von GLONASS als auch von GPS auswerten und so im Falle des Ausfalls eines Systems auf das andere auszuweichen, oder aber durch Kombination der Ergebnisse beider Systeme eine erhöhte Genauigkeit und einen größeren Schutz gegen Manipulation zu erreichen [GLONASS].

Auf dem Markt der GNSS-Empfänger sieht man, dass das GLONASS System schon wieder aktiv ist. Es gibt bereits zahlreichen Hersteller, die das GLONASS unterstützen. Die Trimble R-Track-Technologie unterstützt GLONASS L1/L2-Signale [INTERNET 58]. Das Leica GNSS Systeme wie z.B. Leica GX1230 und Leica ATX1230 GG können neben den GPS-Signalen auch zusätzlich die Signale von GLONASS empfangen, um die Positionierung im urbanen Gebiet oder in der Abschattung von Bäumen verbessern zu können. Außerdem werden die GNSS-Empfänger so konzipiert, dass sie die zukünftigen L5-Signale aus der GPS-Modernisierung und Galileo-Signale verarbeiten können [INTERNET 59].

## **2.6. Das chinesische Satellitennavigationssystem Beidou**

### **2.6.1. die erste Strategie von Beidou: das Overlay System**

#### **2.6.1.1. Überblick**

Von China wird gerade ein Satellitennavigationssystem mit alleinigem Eigentumsrecht aufgebaut. Dieses System bezeichnet man auf Englisch als CNSS-Compass Navigation Satellit System, auf Chinesisch als Beidou. Das Beidou wird aus zwei Strategien, nämlich dem Overlay System und dem echten Global Navigation

Satelliten System bestehen. In dieser Arbeit wird das Overlay System als Beidou und zugleich das für Navigation und Geodäsie nutzbare System als COMPASS bezeichnet.

Das Beidou wird aus einem Raumsegment mit 5 geostationären Satelliten bestehen und zwei Services anbieten, nämlich offen und berechtigt. Die offenen Services werden allen Kunden kostenlos die Positionierung, Geschwindigkeitsmessung und Zeitinformation anbieten, die Positionierungsgenauigkeit erreicht bis zu 10 Meter, die Genauigkeit der Zeit wird bis 50ns und die der Geschwindigkeitsmessung 0.2 Meter/s betragen. Die Services mit Berechtigung werden den befugten Nutzern die sicherere Positionierung, Geschwindigkeitsmessung, Zeit, Kommunikationsservices sowie die Vollständigkeitsinformationen des Systems anbieten [LIU 2007].

Am 03.02.2007 ist der vierte Satellit des Beidou durch die Rakete „Changzheng 3“ vom Satellitenabschusszentrum Xi Chang aus in die vorausberechnete Bahn gebracht worden (Abb. 2-019)

Das bisher zur Anwendung gebrachte Beidou besteht im Raumsegment aus drei geostationären Satelliten (zwei Arbeitssatelliten und ein Ersatzsatellit). Der erste wurde am 31.10.2000 gestartet und der zweite am 21.12.2000. Der dritte ist ein Ersatzsatellit und wurde am 25.05.2003 gestartet [MA 2006]. Die Kontrollstation und die Beidou-Endgeräte sind das andere Segment des Systems [YU 2003]. Das Konzept



für das aktive Satellitenpositionierungssystem des Beidou mit „rascher Positionierung über zwei Satelliten“ wurde 1983 aufgestellt. Die herausragenden Eigenschaften sind wenige Satelliten im Raum, einfache Endgeräte und komplexe Bearbeitung in der Kontrollstation [CHEN 2006]

Abb.2-019: Start des vierten Beidou-Satelliten [LI 2007]

### 2.6.1.2. Prinzip der Positionierung mit zwei Satelliten

Im Beidou-System wird das Prinzip der „Zwei-Satelliten-Positionierung“ zur Anwendung gebracht. Die Voraussetzungen sind die Positionen von zwei Satelliten, die Entfernungsdifferenz zwischen Endgerät und Satelliten sowie eine genäherte Höheninformation und ein digitales Höhenmodell. Die Entfernungsdifferenz definiert durch Betrag und Vorzeichen eine Schale eines zweischaligen Drehhyperboloids mit den beiden Satelliten in den Brennpunkten. Die Durchdringungskurve mit dem chinesischen Referenzellipsoid wird, da es sich um geostationäre Satelliten handelt, ihre Hauptausdehnung in Nord-Süd-Richtung haben und relativ gut bestimmt sein. Mit der genäherten Höheninformation – zu vermuten ist ein Luftdrucksensor – kann nun entlang eines der Durchdringungskurve zugeordneten Höhenprofils aus dem digitalen Geländemodell iterativ die Breite des Empfängerstandpunktes berechnet werden, was in einer Zentrale geschieht. Die Lösung wird in der Theorie weder eindeutig noch scharf sein, insbesondere in flachem Gelände. Allerdings ist das System vorrangig für den Transportsektor vorgesehen, so dass Fernstraßen und



überregionale Bahnlinien den Lösungsraum stark einschränken. Außerdem kann inzwischen durch einen dritten geostationären Satelliten eine eindeutige Bestimmung erfolgen. Die Erklärung aus nur spärlich vorhandenen chinesischen Fachartikeln kann hingegen nicht überzeugen (Abb.2-020) [TIAN HONG 2006], [MA 2006].

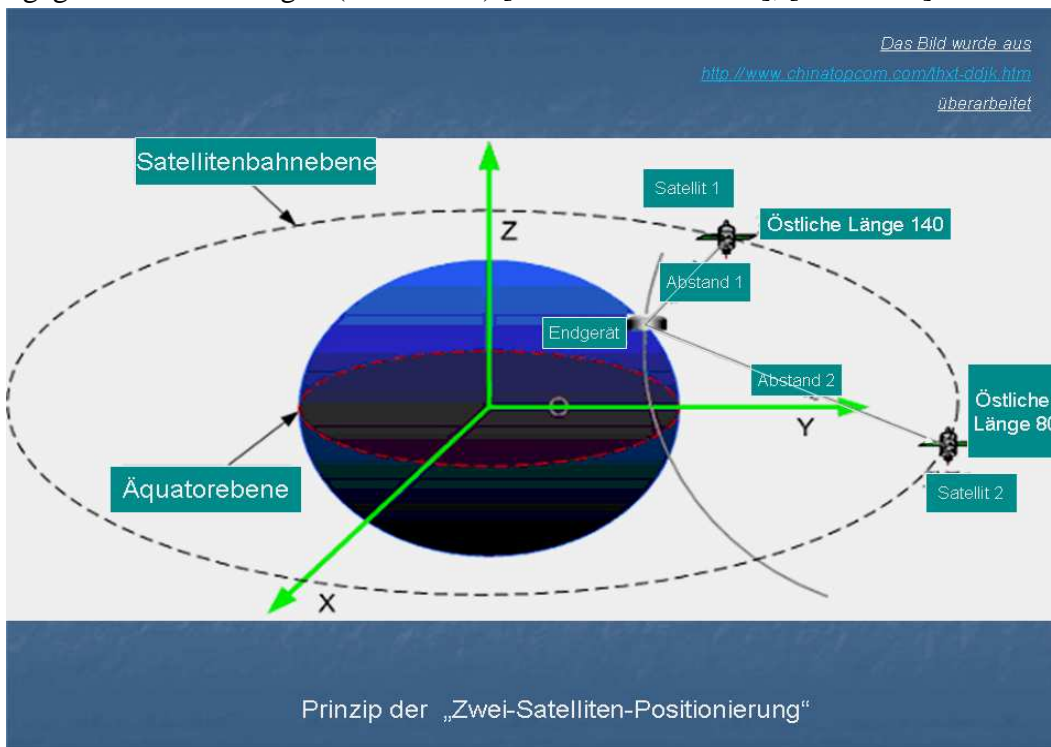


Abb.2-020: Prinzip der „Zwei-Satelliten-Positionierung“ [TIAN HONG 2006].

### 2.6.1.3. Vorgehensweise der Positionierung im Beidou-System

Das Beidou ist ein aktives Satellitenpositionierungssystem. Das Endgerät muss gegenseitige Kommunikationsfähigkeit, nämlich als Sender und Empfänger, aufweisen. Im



Im Bodensegment existiert noch ein Betriebszentrum, um die Gruppenkunden betreuen und die Informationen prüfen zu können (Abb. 2-021).

Abb.2-021: Konstruktion von Beidou-Anwendungen

Nach dem Einschalten des Endgeräts läuft das System in folgenden Schritten ab (Abb.2-022) [TIAN HONG 2006]:

- Die Kontrollstation sendet kontinuierlich Signale zu den Satelliten; darin sind die Daten wie Abstandsmesssignale, Daten- und Zeitcode enthalten. Diese Daten heißen Anfragesignale.
- Die Anfragesignale werden durch die Satelliten verstärkt und zu den Endgeräten übertragen.
- Die Endgeräte empfangen die Signale und ergänzen die nötigen Informationen, dann senden sie diese Signale wieder zu den Satelliten.
- Die von den Satelliten aufgenommenen Informationen von den Endgeräten werden zur Kontrollstation gesandt.
- Die Kontrollstation empfängt die Informationen der Endgeräte und berechnet deren Koordinaten. Diese Koordinaten mit den die Endgeräte betreffenden Informationen werden durch die Kontrollstation zum Betriebszentrum übertragen.
- Das Betriebszentrum überprüft und bearbeitet die Informationen und sendet diese wieder zu Kontrollstation. Wenn möglich werden diese Informationen direkt zur Verwaltungsstelle für Gruppenkunden übertragen.
- Die Koordinaten und Informationen werden durch die Kontrollstation zu den Satelliten gesandt.
- Die Endgeräte und das Zentrum für Gruppenkunden können von den Satelliten die eigenen Koordinaten und entsprechende Informationen bekommen.

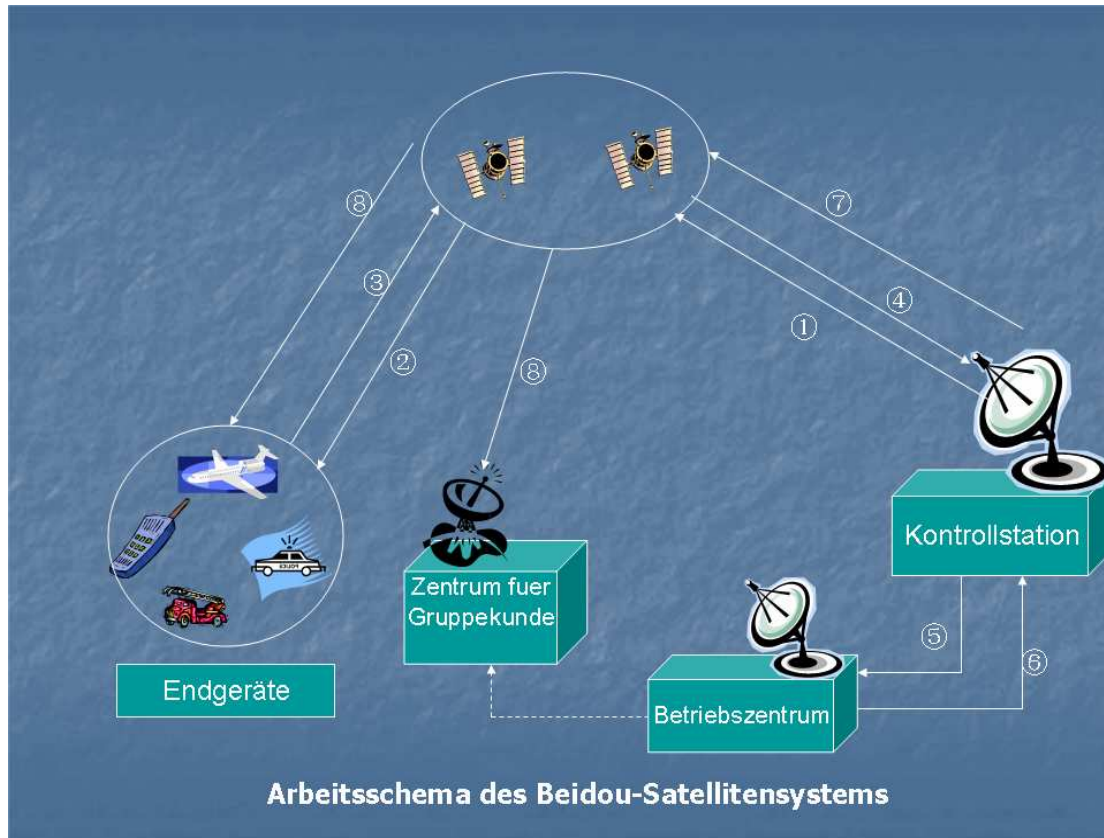


Abb.2-022: Arbeitsschema des Beidou-Satellitensystems

Aus dieser Vorgehensweise kann man ersehen, dass das Beidou-System über drei wesentliche Funktionen verfügt, nämlich [BDSTAR NAVIGATION 2005]:

- Rasche Positionierung: Beidou kann im Bedeckungsgebiet einen 24stündigen Positionierungsdienst hoher Genauigkeit in Nahe-Echtzeit zur Verfügung stellen.
- Versand und Empfang kurzer Nachrichten: Beidou besitzt gegenseitige Kommunikationsfähigkeit über Satelliten, ohne eine Funknetz zu benötigen. Maximal kann man 40 bis 60 Zeichen übertragen.
- Präzise Zeitinformation: Beidou kann die Zeit mit einer Genauigkeit von 20 bis 100 ns an die Kunden liefern.

#### 2.6.1.4. Vergleich mit anderen GNSS.

Im Lauf der Zeit kann das chinesische Beidou sicherlich der GNSS-Familie beitreten. Offenkundig hat das GPS in GNSS die führende Position. Aber in der Perspektive der vier Satellitensysteme hinsichtlich Technik und Anwendungen hat jedes Vor- und Nachteile: GPS ist schon reif, Galileo weist die höhere Genauigkeit auf, GLONASS verfügt über Immunität gegen Störungen während das Beidou seine Vorteile bei der gegenseitigen Kommunikation und der Offenheit hat [LIU 2006].

Die Tabelle Tab.2-005 zeigt den Unterschied zwischen Beidou und GPS. Bei den Techniken und Anwendungen gibt es für Beidou sogar Vorteile:

Vergleich zwischen Beidou und GPS (Ma,2006)		
	Beidou	GPS
Überdeckungsbereiche	Lokales Navigation Satelliten System, Deckungsbereich: östliche Länge von 70 bis 140 Grad, nördliche Breite von 5 bis 55 Grad.	globales Navigation Satelliten System zur Positionierung zu jeder Zeit und für jeden Ort der Welt
Zahl der Satelliten und Bahneigenschaft	3 Satelliten in einer geostationären Satellitenbahnebene	24 Satelliten in 6 Satellitenbahnebenen.
Prinzip der Positionierung	aktiv	passiv
Genauigkeit	einige Zehnermeter für 3D	6 Meter für P-Code, 12 Meter für C/A-Code
Kapazität von Kunden	begrenzt	unbegrenzt
Existenzfähigkeit	schwach	besser
Echtzeit	relativ langsam	schnell
Preis eines Endgeräts	ungefähr 20000 RMB (2000Euro)	einige tausende RMB (einige hunderte EURO) für Navigation, einige 100 Tauende RMB (einige 10 Tausende Euro) für hoch präzise Geräte.
Anwendungszweck	„wo bin ich“ und auch „wo ist er“	„wo bin ich“

Tab.2-005: Vergleich zwischen Beidou und GPS

Das Beidou verfügt über gegenseitige Kommunikationsfähigkeit und die Kontrollstation kann sich schnell mit allen Endgeräten in Verbindung setzen [NA 2005], ohne dass das Mobilfunk- oder Festnetz benötigt wird. Das eignet sich sehr für

die Überwachung und Disponierung von in Gefahr geratenen Menschen und Verkehrsmitteln, insbesondere beim Zusammenbruch des Mobilfunknetzes im Katastrophenfall. In späteren Kapiteln werden die Anwendungen von Beidou im Hochwasserschutz und bei Rettungsaktionen genauer erläutert. Die Endgeräte sind preisgünstig, man braucht dort keine zusätzlichen Einrichtungen für die Positionierung.

**2.6.1.5. Anwendungsbereiche von Beidou**

Das Beidou wird in den Bereichen von Verkehrswesen, Meteorologie, Ölindustrie, Ozeanographie, Brandschutz, Katastrophenfrühwarnung, Kommunikationswesen, Polizei und anderen speziellen Branchen zur Anwendung kommen.

**2.6.1.6. Endgeräte für Kunden [BDSTAR NAVIGATION 2005]**

An Produkten des Beidou-Systems gibt es die Plattform für Gruppenkunden zur Kommandierung, Überwachung und Verwaltung und die verschiedenen Endgeräte für einzelne Kunden.

**2.6.1.6.1. zentrale Anlage für Gruppenkunden**

Diese Anlage ist geeignet für die Gruppекunden aus Schifffahrt, Verkehrs- und Transportwesen sowie automatischer militärischer Führung und stellt die Funktionen Positionierung und Informationsaustausch für die zugehörigen zivilen bzw. militärischen Kunden zur Verfügung. Die Informationen werden in dieser Anlage für Kommando- und Überwachungszwecke verwaltet, überwacht, aufgezeigt, analysiert, gespeichert und durchsucht.

**2.6.1.6.2 . Endgeräte des Beidou-Systems**

Es gibt im Wesentlichen 4 verschiedene Endgeräte im Beidou-System(Tab.2-006).

	Geräte für Schiffe	Geräte für Fahrzeuge	handgehaltene Geräte	portable Geräte
Anwendungsbereiche	Schiffe, Eisbrecher und Hydrographie	Verteidigungsbehörde, Polizei, Feuerwehr	Außendienstpersonale	Fahrzeuge, Schiffe, unbemannte Stationen, Referenzstationen.
Abbildung				
Genauigkeit	20 Meter	20 Meter	10 Meter	kleiner als 10 Meter
TTF	2s	2s	2s	2s
Datenschnittstelle	RS232	RS232	RS232, Kommunikation mit PDA, Notebook, PC.	RS232, Kommunikation mit PDA, Notebook, PC
Unterstützung von GPS	Nein	Nein	Ja	Ja

Tab.2-006: Endgeräte für Beidou-System

### 2.6.2. die zweite Strategie von Beidou: das COMPASS

Das eigentliche chinesische Satelliten Navigationssystem besteht aus 30 nicht geostationären Satelliten. Am 13. April 2007 hat China das erste MEO (Middle Earth Orbiting) des chinesischen Compass Navigation System erfolgreich in die Umlaufbahn mit einer Höhe von 21.550 Kilometer gebracht. Dabei handelt es sich um ein echtes Navigationssystem von Compass China vergleichbar dem GPS der zweiten Strategie. Von diesem Satelliten werden drei Frequenzen ausgestrahlt [INSIDEGNSS 2007].

In Vergleich zu den GPS/Galileo-Signalen befinden sich die drei Frequenzen in den Spektren von E2/L1 (Galileo/GPS) mit 1561.2 MHz, E6 (Galileo) mit 1268.52 MHz und E5b (Galileo) mit 1207.14MHz (Abb. 2-023).

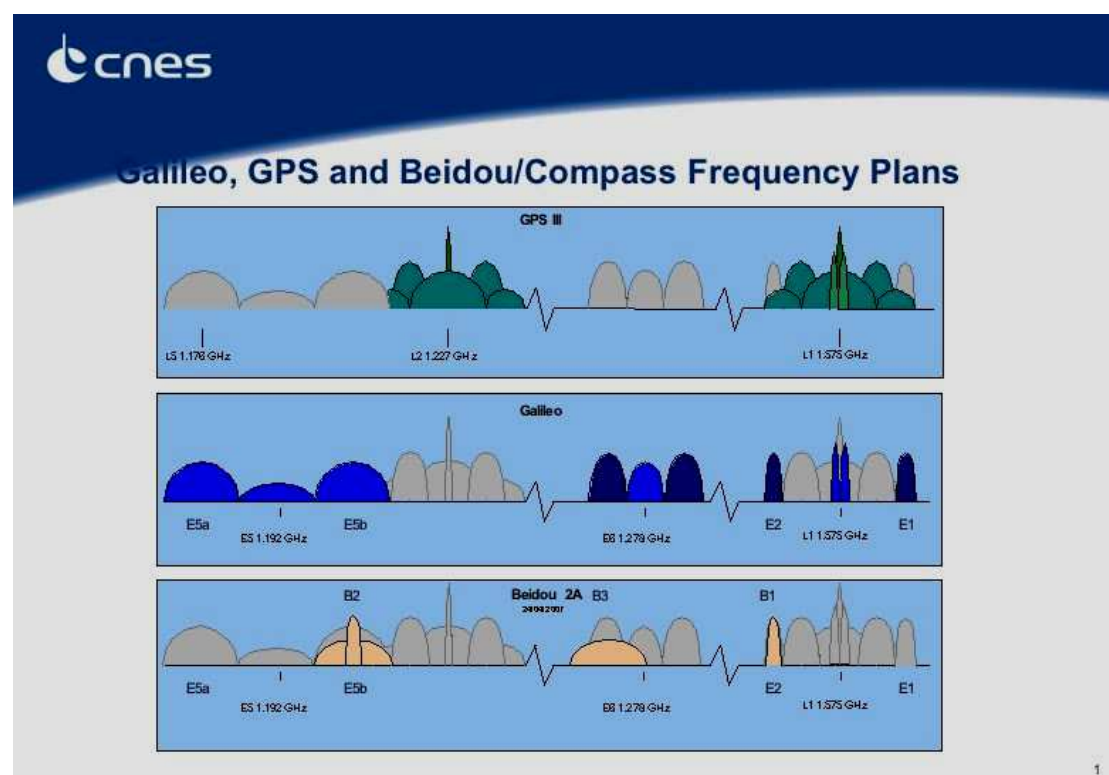


Abb.2-023: Frequenzen von GPS, Galileo und Compass [INSIDEGNSS 2007]

Für die Geodäsie kann das COMPASS die folgenden Aufgaben erfüllen [YU 2003]:

- Aufbau eines präzisen staatlichen geodätischen Netzes;
- Bestimmen der dynamischen Erdrotationsparameter;
- Einrichten des geodätischen Datums für Land und Meere;
- Durchführung der Vermessungsarbeiten im Meere;
- Überwachung der Schollenbewegung und Erdkrustendeformation.
- Ingenieurvermessung.

## Kapitel 3. Mobilfunkgestützte Geolokalisationsmethoden

### 3.1. Überblick

Mit Hilfe des Wireless Networks oder mit Handsets kommt eine Anzahl verschiedener Geolokalisationsmethoden [DJUKNIC et al. 2001] (siehe Tab.3-001) mit unterschiedlichen Genauigkeiten zum Einsatz.

Geolokalisations-modul	Geolokalisationsmethoden	Genauigkeit (m)
Geolokalisation auf Basis einer mobilen Station	A-GNSS	cm [SYRJÄRINNE et al. 2006]
	GPS (Global Positioning System)	Horizontal < 6.8 m; Vertikal <12.3 m(ohne SA) [SATIRAPOD et al. 2000]
	A-GPS (Assisted Global Positioning System)	5-30 [OPENWAVE 2002]
	E-OTD (Enhanced Observed Time Difference)	50-200
	OTDOA (Observed Time Difference of Arrival)	50-200
Netzbasierte Geolokalisation	Cell-ID	100-30000
	TOA (Time of Arrival)	100-200
	TDOA (Time Difference of Arrival)	100-200
	AOA (Angle of Arrival)	100-200
	A-FLT (Advanced Forward Link Trilateration)	50-200

Tab.3-001: Geolokalisationsmethoden und ihre Genauigkeiten

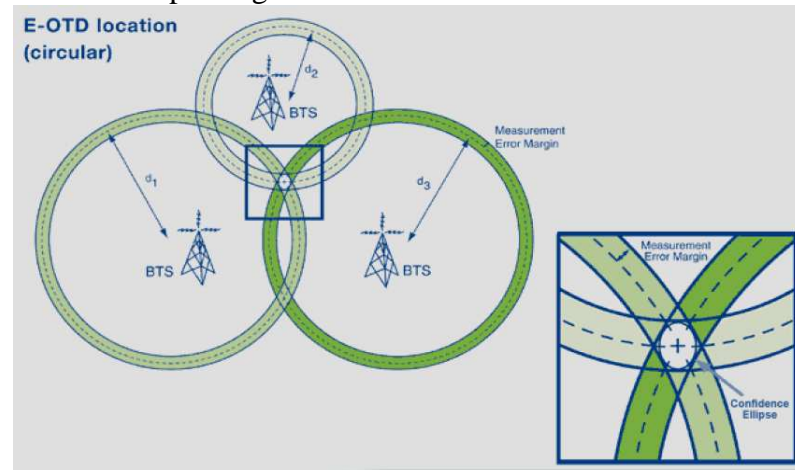
### 3.2. Geolokalisationsmethoden auf Basis einer Mobilstation

Das GPS-Verfahren wurde schon im Abschnitt 2 genau beschrieben, die A-GPS-Technik wird im Abschnitt 4 noch detailliert erklärt. Deshalb erfolgt hier die nähere Beschreibung der Methoden des Mobilfunks. Wichtig ist, dass diese prinzipiell auf die lagemäßige Positionsbestimmung, also reine 2d-Ortung beschränkt sind.

#### 3.2.1. E-OTD (Enhanced Observed Time Difference)

Die E-OTD (Enhanced Observed Time Difference) ist konzipiert für hybride Netze [INTERNET 03]. Im Vergleich mit der Methode TDOA basiert E-OTD auf einem Handset und wird im Netzwerk GSM angewendet. Die mobile Station misst die Ankunftszeiten der zeitgleich von mindestens drei Basisstationen abgesendeten Signale und erhält die TOA (Time of Arrival)-Parameter. Die LMU (Location Measurement Unit) bekommt die RTD (Real Time Difference)-Parameter, die die relative Synchronisationsdifferenz im GSM-Netzwerk zwischen den 3 BTS bezeichnen [INTERNET 05]. Die Genauigkeit der Positionierung mit E-OTD beträgt 50 bis 200 Meter.

Für diese Methode braucht man ein hochleistungsfähiges Endgerät mit kompliziertem Algorithmus zur Positionsberechnung und einer großen Kapazität. Wegen der fehlenden Synchronisation muss auch eine LMU zur Messung der Differenzen im Netz zwischen den BTS errichtet werden. Die aufwendigen Investitionen für LMU und Endgeräte werden E-OTD größtenteils vereiteln. So wird diese Methode meist nur in Europa eingesetzt und in den Bereichen von Verkehrssteuerung, Rettung in



Notfällen und Informationsdiensten in Städten etc. angewandt werden [ZHANG 2005; INTERNET 02].

Abb.3-001: Prinzip für die Methode E-OTD [OPENWAVE 2002]

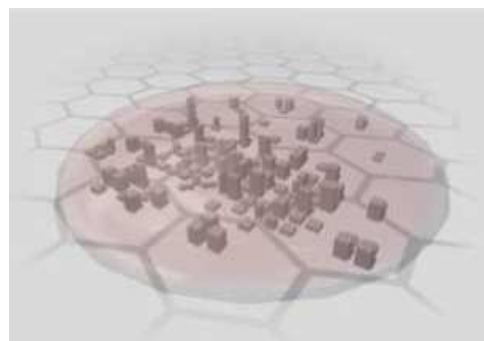
### 3.2.2. OTDOA (Observed Time Difference of Arrival)

Bei OTDOA (Observed Time Difference of Arrival) wird über die Zeitdifferenzen der Signalausbreitung zwischen Empfänger und drei BTS (Base Transceiver Stations) die Position des Empfängers bestimmt [YAN et al. 2005]. Diese Methode arbeitet ähnlich wie E-OTD, kann aber nur im U-TMS benutzt werden [INTERNET 07].

## 3.3. Netzbasierte Geolokalisationsmethoden

### 3.3.1. Cell-ID

Das Cell-ID-Verfahren ist ein einfaches Verfahren zur Positionsbestimmung von Mobilfunkteilnehmern für Location Based Services. Es wird die Nummer (Cell-ID) der Funkzelle des Teilnehmers ermittelt und nach ihrer Position im Wabenplan in



geographische Koordinaten umgerechnet. Damit können Genauigkeiten im Bereich der Größe der Funkzelle (zwischen 100 m und 30 km) erreicht werden. Das Verfahren braucht keine speziellen Modifikationen an den Endgeräten [INTERNET 01] und wird daher bereits standardmäßig angewandt..

Abb.3-002: Prinzip von Cell-ID [OPENWAVE 2002]

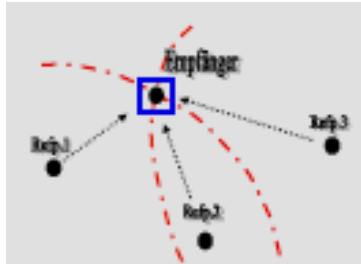
### 3.3.2. TOA (Time of Arrival)

Die TOA (Time of Arrival) bestimmt die Entfernung anhand der Laufzeit eines Signals. Um die Position einer mobilen Station bestimmen zu können, müssen

mindestens drei BTS-Entfernungen gleichzeitig gemessen werden. Der Schwerpunkt der Schnittfigur dreier Kreise, jeweils mit der Entfernung als Radius, wird als Position der mobilen Station angesehen. Die BTS müssen hochgenau synchronisiert sein.

### 3.3.3. TDOA (Time Difference of Arrival)

Drei BTSs senden gleichzeitig Signale aus und der Empfänger misst die Zeitdifferenzen zwischen dem Empfang der Signale. Mit den Positionsangaben der

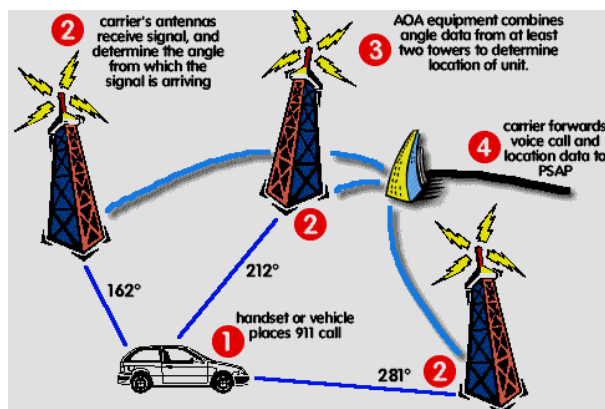


BTSs und diesen Zeitdifferenzen lassen sich Hyperbeln berechnen, auf denen sich der Empfänger befindet. Die beiden Kurven haben 2 Schnittpunkte, von denen meist nur einer in Frage kommt [RYLL et al. 2004]. Für TDOA ist auch Synchronisation der BTS erforderlich.

Abb.3-003: Prinzip für TDOA [RYLL et al. 2004].

### 3.3.4. AOA (Angle of Arrival)

Bei AoA (Angle of Arrival) können die Richtungswinkel der empfangenen Signale in



mindestens zwei Basisstationen bestimmt und die Position in der Zentrale berechnet werden.

Diese Methode benötigt spezielle, teure Antennen in den BTS und weist wegen der Mehrwegeeffekte in Städten eine geringe Genauigkeit auf. [INTERNET 05]. In der Praxis findet AOA kaum Anwendung.

Abb.3-004: Prinzip für AOA [INTERNET 03].

### 3.3.5. A-FLT (Advanced Forward Link Trilateration)

Die Methode von A-FLT (Advanced Forward Link Trilateration) beruht auf der Basis von CDMA (code division multiple access)-Networks, weil diese Netze streng synchron sind [INTERNET 07]. Der Empfänger kann die Phasenverzögerungen zwischen Signalen messen und die Differenzen zwischen den Entfernungen zu drei BTSs berechnen. Mit je zwei BTSs kann ein Ellipsoid gebildet werden. Der Schnittpunkt von drei Ellipsoiden ist die Position des Empfängers [INTERNET 06]. Diese Methode erfordert Softwareänderungen beim Empfänger [OPENWAVE 2002]. A-FLT und A-GPS können einander ergänzen [INTERNET 08].

## 3.4. Standards für Geolokalisationstechniken und A-GPS

Den überwiegenden Anteil von Wireless Networks bilden GSM, CDMA sowie TDMA (Tab.3-002). Anwendungen der A-GPS Technik finden sich in allen



Mobilfunknetzen. Das ist auch ein wichtiger Grund für viele Mobilfunknetzanbieter zur Entwicklung der A-GPS-Technik für LBS.

Wireless Standard	Standards Body	Geolocation Technologies Used	Relevant Documents
GSM	ETSI SMG30	TOA AOA E-OTD A-GPS	GSM 03.71 GSM 04.71 GSM 09.31
GSM (North America)	T1P1.5 ETSI SMG31	TOA AOA E-OTD A-GPS	GSM 04.35
CDMA	TIA/EIA-95 cdma2000 TR45.5	A-FLT A-GPS	IS-801 IS-801A
TDMA	TIA/EIA-136 TR45.3	A-GPS	TIA/EIA-136

Tab.3-002: Standards für Geolokalisationstechnik [OPENWAVE 2002].

Für A-GPS Technik hat die **Open Mobile Alliance (OMA)** einen Standard von SUPL (OMA SUPL V1.0) zur Lokalisationslösung ausgestellt. Durch IP/TCP Standards kann die Kommunikation zwischen SUPL-Server und mobilen Telefonen mit A-GPS-Chip sowie Funktionen in obigen Wireless Networks ohne weitere zusätzlich eingesetzte Infrastrukturen erfolgen [TRUEPOSITION 2007]. Die OMA wurde im Juni 2002 aus den bis dahin autark arbeitenden Organisationen Open Mobile Architecture Initiative und dem WAP-Forum gebildet und ist ein Zusammenschluss führender Dienstleistungs- und Produktanbieter aus dem Bereich Mobilfunk mit dem Ziel, marktfähige, interoperable digitale Dienste zu entwickeln und als Standard weltweit zu etablieren [WIKIPEDIA<sup>8</sup>].

Für SUPL (Secure User Plane Location) braucht der Mobilfunknutzer nur eine IP-Adresse, durch die die Assistenzdaten des A-GNSS-Servers abgerufen werden können, um die Mobile Station Based- und Mobile Station Assisted-Modi durchführen und die Position auswerten zu können. Die Positionen von Kunden bleiben also geheim. Das Mobilfunknetz braucht keine zusätzliche Infrastrukturinvestition. Im Gegensatz dazu müssen die Mobilfunkbetreiber für die SCPL (Secure Control Plane Location) in ein zusätzliches SMLC (Serving Mobile Location Center) investieren. Über SCPL und SUPL wird in Kapitel 4 genauer berichtet.

## 4. Grundlagen der A-GPS Technik

Dank der hoch entwickelten Halbleitertechnik und moderner Telekommunikation stürmt der Mobilfunkmarkt voran. Die Mobiltelefone werden immer kleiner und verfügen über immer mehr vielfältige Funktionen. Obwohl die vielen in den vorherigen Kapiteln erwähnten Möglichkeiten der Geolokalisation theoretisch schon existieren, lassen sowohl die Genauigkeit als auch die Investitionsbereitschaft entweder beim Nutzer oder beim Anbieter zu wünschen übrig. Die Alternative zur optimalen Geolokalisation ist Assisted GPS oder eine hybride Lösung mit Mobilfunkortung und A-GPS. In diesen Abschnitt werden die Grundlagen von A-GPS detailliert beschrieben.

### 4.1. Ursprung der A-GPS Technik

#### 4.1.1. Entwurf der A-GPS-Technik

In den 1980ern haben die amerikanischen Ingenieure, Ralph E. Taylor und Lames W. Sennott, beobachtet, dass sich die Sensitivität von GPS-Empfängern erheblich steigerte und die TTFF (time-to-first-fix) drastisch reduzierte, wenn die Assistenzdaten wie z.B. Time-Stamp, die Position der Referenzstation, Ephemeriden, Navigationsdaten etc. dem GPS-Empfänger extern zugeführt wurden. Diese beiden Ingenieure entwarfen dann die Architektur von Assited-GPS, indem die Assistenzdaten aus Basisstationen durch BTSs vom Wireless Network zu den GPS-Empfängern übermittelt wurden, um die Leistungsfähigkeit dieser GPS-Empfänger drastisch steigern zu können. Wegen der Einschränkungen der damals noch nicht hoch entwickelten Kommunikationstechnik war das A-GPS in den 1980ern und frühen 1990ern jedoch nicht konsequent verfolgt worden [KARUNANAYAKE et al. 2005].

#### 4.1.2. E911 und E112

##### 4.1.2.1. E911

Unter E911 versteht man die Abkürzung von „Enhanced 911“ und es wird vom FCC als eine Geolokalisationstechnik definiert, die die Fähigkeit besitzt, dass die mobilen Endgeräte wie Mobiltelefone oder PDAs bei 911-Notrufen die geografische Positionierung ermöglichen. Wenn man einen 911-Notruf mit einem konventionellen Mobiltelefon absetzt, wird dieser zum nächsten PSAP (public safety answering point) geführt, an dem die für den Notruf zutreffenden Dienste angebunden sind. Der PSAP nimmt die Rufnummer und die exakte Position des Mobiltelefons entgegen [INTERNET 09]. Im Jahre 1996 wurde die Wireless-E911-Regelung definiert und eingeführt [HATFIELD 2002], nach der jeder Notruf direkt zum PSAP zu leiten ist und auch in allen Netzen durchgestellt werden muss. Gemäß dieser Regelung sollen nur Mobiltelefone verkauft werden dürfen, die nach dem 13.02.2000 über die Fähigkeiten zur Behandlung von 911-Notrufen mit spezifischen Methoden verfügen [INTERNET 09].

Die FCC hat die Entwicklung von E911 zwei Phasen aufgeteilt.

Für Phase I: ab 1. April 1998 sollten in allen Netzen die Identifikation der Notrufe und deren Position von passenden BTSs oder Cell-IDs zum PSAP angeliefert werden.

In Phase II: ab 1. Oktober 2001 sollte die Lokalisation von E911-Notrufern mit Länge und Breite am PSAP angeboten werden.

Die Anforderungen an die Genauigkeit für einen E911-Notruf von der netzbasierten Lokalisation in der Phase II wurden auf 100 Meter in 67 Prozent und 300 Meter in 95 Prozent aller Fälle bestimmt, während die Genauigkeiten für die Handset-basierte Lokalisation auf 50 Meter in 67 Prozent und 150 Meter in 95 Prozent aller Fälle festgesetzt wurden [HATFIELD 2002].

Es gibt zwei grundsätzliche Modi der Geolokalisation für E911, nämlich Netzwerk-based und Handset-based, die in den oberen Abschnitten detailliert besprochen werden. Die Methoden zu beiden Modi z.B. TOA, TDOA, AOA, AFLT, OTDOA etc. basieren mit den bekannten BTS-Positionen auf Zeitmessung bzw. auch Triangulation durch Kombination mit Winkeln. Die A-GPS Technik wird von Hatfield [HATFIELD 2002] für die handset-based Solution definiert, man kann jedoch diese Technik auf die Netzwerk-based Methode zurückführen, wie die folgenden Kapitel zeigen.

#### **4.1.2.2. E112**

Am 31. Dezember 1992 wurde die European Emergency Call Nummer 112 vorgestellt. Es wurde berichtet, dass bis zu 50% aller Notrufe von Mobiltelefonen kommen und dabei auch abgeschätzt, dass von ungefähr 1 Million Notrufe in jedem Jahr die Position nicht identifiziert werden kann. Aus diesem Grund adaptierte die europäische Kommission im Juli 2003 die Regelung E112 [E112 2005].

Unter Enhanced E112 versteht man, dass allen nationalen Notrufen der EU-Mitglieder mit gleichen Funktionalitäten und Prinzipien nachgegangen wird [EU 2003]. Als wichtigste Geolokalisationsmethode von E112 legt man wie bei E911 auch auf die A-GPS Technik Wert.

#### **4.1.3. LBS (Location Based Services)**

In [WUNDERLICH 2003] werden LBS und deren Geolokalisationsmethoden ausführlich beschrieben. Seit Ende 1999 setzen die Mobilfunkindustrie und die Wegbereiter eines eigenen europäischen Satellitennavigationssystems größte Hoffnung auf ein neues Geschäftsfeld: der „ortsbezogenen Dienste“ (Location Based Services - LBS). Dabei sollen Mobiltelefonkunden - auf besonderen Wunsch oder durch auf bestimmte Themen beschränkte Einwilligung - kostenpflichtige Informationen abrufen oder angeboten bekommen können. Diese Informationen werden so selektiert und aufbereitet, dass sie für einen gewissen räumlichen Umkreis des Mobilfunkteilnehmers relevant und leicht nutzbar sind. Diese Ortsbezogenheit stellt den wesentlichen Vorteil gegenüber einem allgemeinem Informationsabruf aus dem Internet dar; sie verlangt aber eine momentane, die Anonymität des Kunden wahrende Ortung. Zielführungsaufgaben verlangen nach laufender Verfügbarkeit unabhängig von Zeit und Ort und nach einer Mindestqualität der Positionsbestimmung. Die erste Forderung spricht für die Funkortung, welche die Position jedoch nur lagemäßig und mit untergeordneter Genauigkeit liefert. Will man der zweiten Forderung gerecht werden und zusätzlich die Höhendimension erfassen, kommt nur satellitengestützte Ortung in Frage. Dabei büßt man aber die Verfügbarkeit in stark abgeschatteten urbanen Zonen, insbesondere jedoch innerhalb von Gebäuden, ein. Seit zwei Jahren zeichnet sich eine hybride Lösung ab, der eine goldene Zukunft prophezeit werden kann: das A-GPS (Wireless assisted GPS). Darunter versteht man die Auswertung schwacher GPS-Signalspuren (wie sie auch in Bauwerken aufgefangen werden können) mit Hilfe von neuartigen Hochleistungschips mit tausenden Korrelatoren.

Häufig werden im Anschluss Zielführungsaufgaben und Kartendarstellungen nachgefragt, so dass spätestens hier eine Beschäftigung unseres Standes, der Geodäsie und Geoinformation, mit der Thematik einsetzen sollte [WUNDERLICH 2001].

## 4.2. Begriffserklärung

Assisted GPS ist das Zusammenspiel des Global Positioning System mit einem verfügbaren Netzwerk (GSM, UMTS, W-LAN, Funk o.a.), welches die Stärken zweier oder mehrerer in solcher Weise kombiniert, dass die Verortung eines mobilen Endgerätes auch da möglich wird, wo ein einzelnes System versagen würde [PREIS 2005].

Verglichen mit herkömmlichem GPS 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, Frequenzen 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 (Abb.4-001). Das spart im Vergleich zu GPS Energie und Zeit. Statt Minuten dauert es auch im offenen Gelände nur noch einige Sekunden, bis man nach Einschalten des Gerätes die exakten Koordinaten erhält.

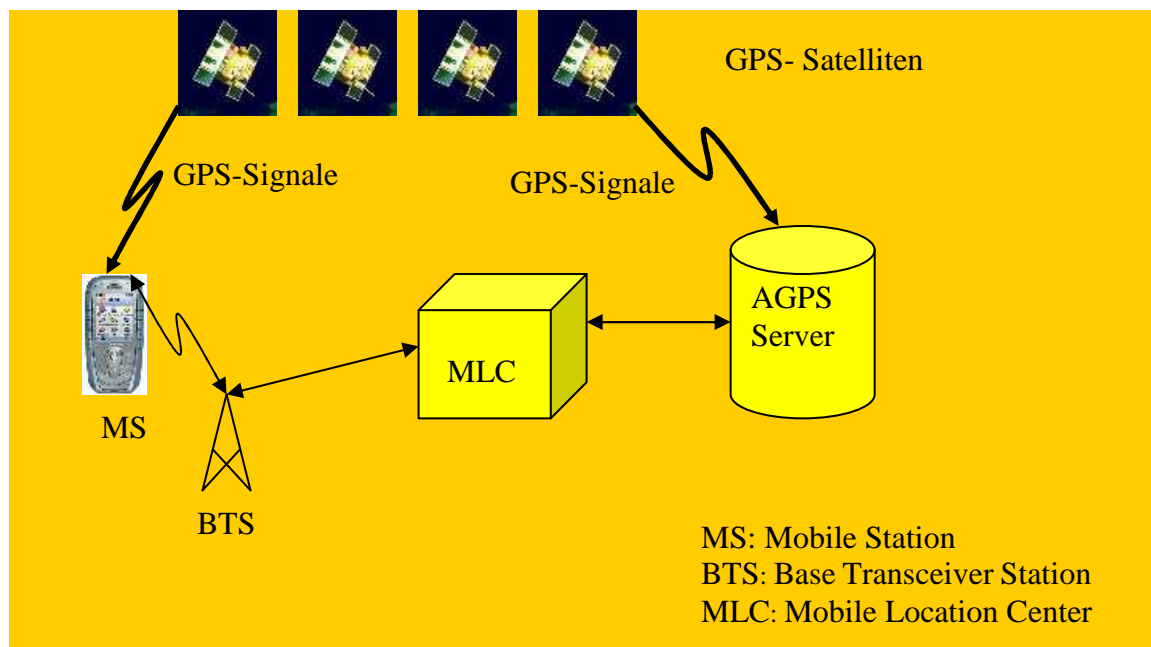


Abb.4-001: Konzept der A-GPS-Technik

Diese neue Methode bietet gegenüber konventionellem GPS folgende Vorzüge [SHEYNBLAT 2001]:

- sehr schnelle Akquisition (100 bis 1000 mal schneller);
- hohe Empfindlichkeit, sogar im Indoor-Bereich;
- ausgezeichnete Genauigkeit und Zuverlässigkeit durch Kooperation zwischen MS und Server;
- Roaming-Unterstützung mit nur einem alleinigen A-GPS-Server durch verschiedene Netze und Geographien;
- geringer CPU - und Energiebedarf;
- keine andere spezifische Infrastrukturanforderung ans Netz außer A-GPS-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. A-GPS steigert die Leistung von konventionellen GPS-Empfängern bei ungünstigen Beobachtungsbedingungen mit geringem Signalrauschverhältnis durch die Assistenzdaten.

### 4.3. Signaldämpfung

Im freien Raum werden die GPS-Signale bereits geschwächt und liegen bei ungefähr -130dBm. Die Signaldämpfung wird im Medium noch stärker als im Freiraum. Die Dämpfung der Welle durch ein Dielektrikum kann nach [MICHLER et al.1998] in drei Anteile aufgeteilt werden:

Die Freiraumdämpfung kann bei dünnen Schichten vernachlässigt werden.

Die Durchdringungsdämpfung wirkt beim Durchgang durch das Medium. Sie ist abhängig von der Dielektrizitätskonstante der beteiligten Medien, der Wellenlänge und der Schichtdicke.

Die Transmissionsdämpfung entsteht durch Wechselwirkungen an den Grenzschichten der Medien.

Die charakteristischen Dämpfungen von gebräuchlichen Baustoffen für das L-Band werden in Tab. 4-001 dargestellt [STONE 1997].

Material	Trocken wand	Sperrholz	Glas	Getöntes Glas	Bauholz	Matte aus Eisen	Dachziegel /Ziegelstein	Beton	Stahlbeton /Eisenbeton
Dämpfung (dB)	1	1-3	1-4	10	2-9	2-11	5-31	12-43	29-33

Tab.4-001: GPS-Signaldämpfung für einige übliche Bauwerke

Für einige übliche Bauwerke lassen sich demzufolge die folgende Dämpfungen im L-Band abschätzen [EISFELLER et al. 2005b]:

- Wohnhäuser: 5dB bis 15 dB
- Historische Gebäude: 25 bis 30 dB
- Bürogebäude: 30 dB
- Tiefgaragen: >30 dB

Die Genauigkeit der Indoor-Satellitenpositionierung ist nicht nur von den Signaldämpfungen, sondern auch von Multipath-Effekten abhängig. Der wichtigste Einflussfaktor auf Multipath ist die Geometrie des Gebäudes, in dem das A-GPS-Endgerät betrieben wird. Aus der Abb.4-002 ist deutlich erkennbar, dass die stärksten der aufgenommenen Signale, nämlich die entlang der roten Linie, wegen Multipath nicht die zutreffenden vom GPS-Satelliten sind. Andererseits werden die anderen empfangenen Signale wegen der Dämpfungen sehr schwach. Dies macht das Indoor-GPS so kompliziert.

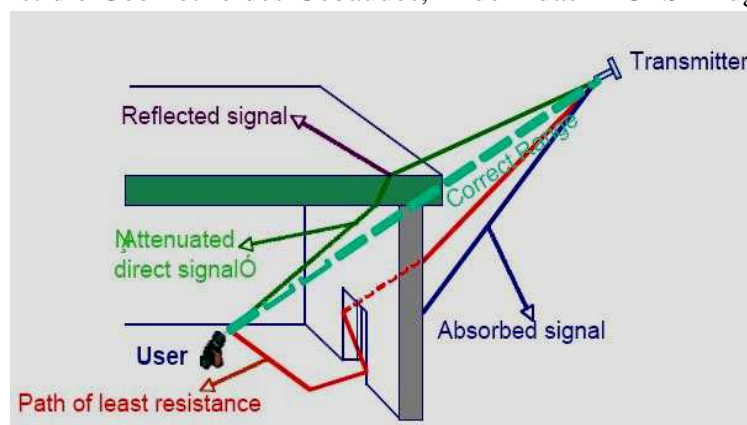


Abb.4-002: Mögliche Ausbreitungswege von GPS-Signalen ins Gebäude [LACHAPELLE 2004].

#### 4.4. Struktur eines A-GPS-Empfängers

Wie im oberen Abschnitt erwähnt, werden die Signale aus den Satelliten in Indoor-Umgebungen und unter Abschattungen oder in urbanen Gebieten wegen der Dämpfungen, die von den verschiedenen Baumaterialien der Gebäude sowie Multipath verursacht werden, maximal bis zu 30dB reduziert. Mit solchen Signalen steigt die Verweildauer in nur einem Codechip bis zu 1000ms oder 1s anstatt 1ms für Outdoor [EISFELLER et al. 2005b]. Bei der Integration im Indoor-Bereich gibt es wegen Frequenz- und Zeitunsicherheiten typischerweise 20.460 Codechips und so würde die Akquisitionszeit bis zu einigen Stunden dauern. Dies ist für Anwender nicht akzeptabel. Deshalb muss ein spezifischer A-GPS-Empfänger konzipiert werden (Abb.4-003).

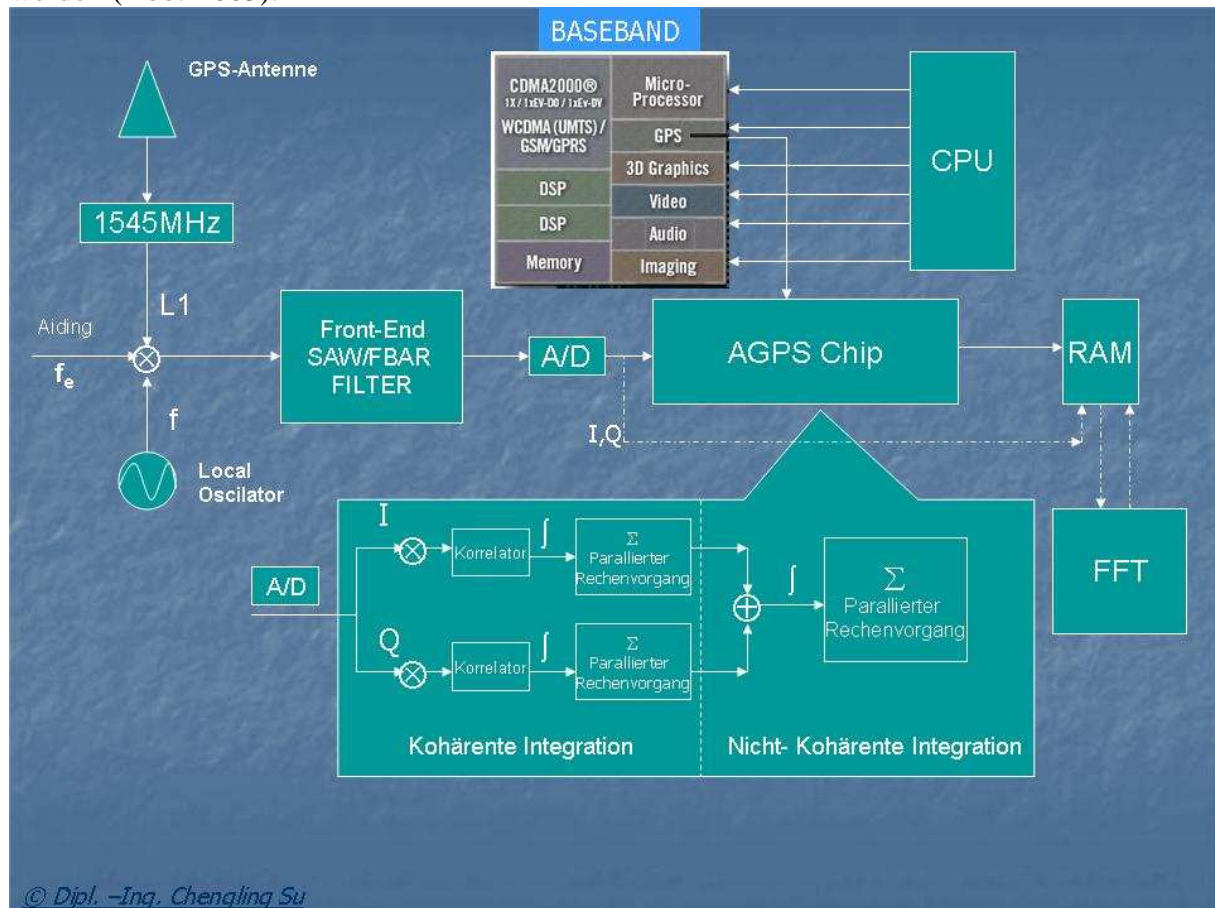


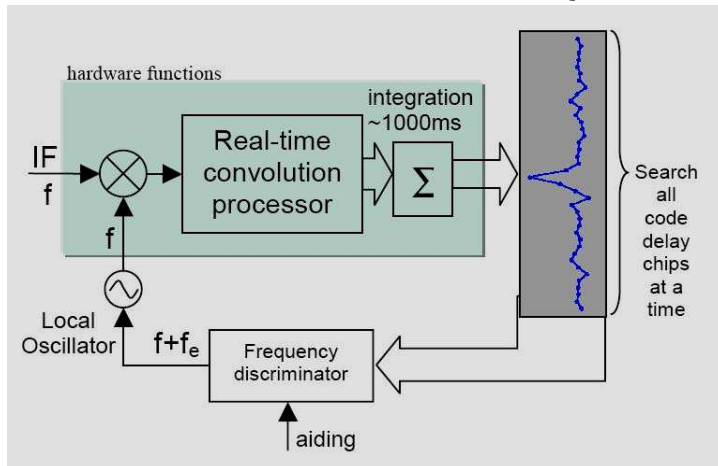
Abb.4-003: A-GPS-Receiver-Konzept

Im Vergleich mit traditionellen GPS-Empfängern sollten die A-GPS-Receiver aufgrund der meisten Anwendungen im Bereich mobiler Nutzer, z.B. Handy oder PDA, mit niedrigen Kosten und Energieverbrauch sowie geringer Masse konzipiert werden. Zuerst mussten die Interferenzprobleme zwischen Mobilfunk- und GPS-Antenne durch schnelles Umschalten zwischen den Antennen oder durch andere Kunstgriffe bewältigt werden [WUNDERLICH et al. 2006], z.B. die Trip-Antennen und SAW- oder FBAR-Filter [VAN DIGGELEN 2001b; HEINRICHS et al. 2004]. Die gefilterten C/A-Code-Signale werden im RF-Frontend auf eine Zwischenfrequenz heruntergemischt und A/D gewandelt. Anschließend werden alternativ zwei Lösungsmöglichkeiten eingesetzt, nämlich die eine über einen A-GPS-Chip mit über hunderttausend parallelen Korrelatoren und die andere über die DSP Methode.

##### 4.4.1. Chiplösung für A-GPS-Hardware

Das neue Konzept für A-GPS-Empfänger mit abertausenden Korrelatoren benutzt einen real-time Konvolutionsprozessor statt einem early-late Korrelator im konventionellen GPS-

Empfänger (Abb.4-004). In [EISFELLER et al. 2005b] wird erklärt, wie die kohärente bzw. nicht-kohärente Integration funktioniert. Die GPS-Signale werden mit Radiofrequenzen inklusive Assistenzdaten im Front-End-Teil auf eine Zwischenfrequenz heruntermischet, gefiltert und dann anschließend A/D- gewandelt. Der Digitaldatenstrom wird mit sinus- und cosinusartigen Referenzsignalen multipliziert, wodurch zwei Komponenten (I, Q) entstehen. Anschließend werden I und Q mit den Referenzcodes korreliert und über ein Zeitintervall T integriert. Beim Outdoor-Einsatz liegt nach der Integration ein ausreichender S/N-Wert vor, um das Signal sicher zu akquirieren. Im Indoor-Szenario muss jedoch noch ein zweiter Integrationsprozess, nämlich die nicht kohärente Integration, über die Zeit nachgeschaltet werden, um zu einem ausreichend großen Signal-Rausch-Verhältnis zu gelangen (Abb.4-003). Bei der nicht-kohärenten Integration wird ein Quadrierverlust, nämlich so genanntes „squaring loss“ durch die Quadrierung von I- und Q-Komponenten, generiert. Dies reduziert die Sensitivität [MISRA et al. 2001]. Der Quadrierverlust kann vermieden werden, indem die

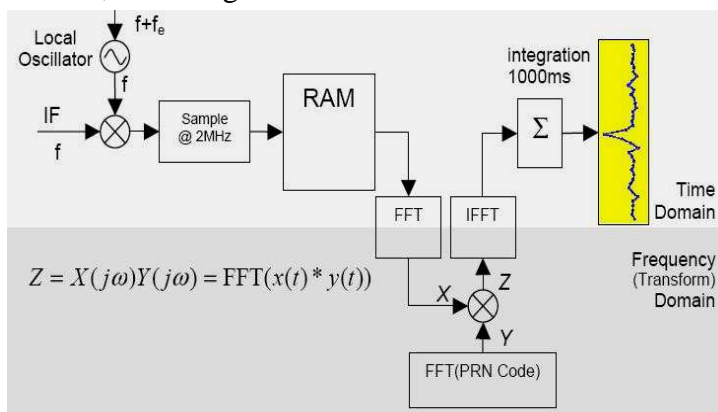


kohärente Integration während der gesamten Akquisitionszeit durchgeführt wird [AGARWAL 2002]. Um die Rechenzeit bei der Akquisition erheblich zu reduzieren, verwendet man im GPS-Chip mit heute bereits über hunderttausend Korrelatoren. So sind z.B. 200.000 Korrelatoren gleichzeitig am Werk, damit die Korrelationsrechnungen parallel ausgeführt werden können [WUNDERLICH 2004].

Abb.4-004: A-GPS Hardware - Chiplösung [VAN DIGGELEN et al. 2001a]

#### 4.4.2. Digital Signal Processing (DSP) - Lösung für A-GPS

Eine andere Methode für High-Sensitivity-GPS ist die store- and- process-Methode DSP auf Basis der FFT (Abb.4-005). Die im Front-End gefilterten I- und Q-Komponenten werden in einer komplexen Zahl zusammengefasst, im Speicher zwischengespeichert und dann einer FFT (Fast Fourier Transformation) unterzogen. Die PRN-Referenzcodes werden ebenfalls einer konjugiert komplexen FFT unterzogen. Im Anschluss wird das Resultat einer inversen FFT (IFFT) unterzogen, wodurch man wieder im Zeitbereich angelangt ist. Selbstverständlich muss unter Indoor-Bedingungen ein nicht-kohärenter Summationsprozess nachgeschaltet werden, um ein gutes S/N zu erhalten. Bei Verwendung des gleichen Rechners benötigt der



Autokorrelationsprozess im Frequenzraum nur  $n \log_{10} n$  Rechenoperationen statt  $n^2$ . Hieraus ergibt sich theoretisch ein deutlicher Rechenzeitgewinn. In der Praxis ist ein Vergleich jedoch sehr schwierig, da Rechnerarchitektur, Schnittstellen und Implementierung einen erheblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der FFT haben [EISFELLER et al. 2005b].

Abb.4-005: DSP- basierte A-GPS-Lösung [VAN DIGGELEN et al. 2001a].

Ein Beispiel zur Nutzung von DSP [MOEGLEIN et al. 1998] ist SnapTrack, welches im Empfänger ausschließlich die Detektierung der spezifischen Korrelationspeaks zur Bestimmung der Pseudostrecken anstrebt. Unterstützend werden eine Satellitenliste und genäherte Dopplerfrequenzen zugeführt, um dann über eine Transformation in den Frequenzbereich die Codephasen resp. Pseudostrecken zu gewinnen. Dies geschieht unter Anwendung hoch entwickelter Techniken der FFT/IFFT bzw. der ACV (Autokonvolution), die auf ein im Puffer gespeichertes GPS-Signaltupel (Snapshot) zugreifen. Die Messdaten werden an einen Location Server übertragen, der die weitere Auswertung zur Anwendung, z.B. in Form eines Digitalen Höhenmodells, übernimmt (Abb.4-006). Als Verweildauer zur Erfassung von Pseudostrecken benötigt man nur ungefähr 5 Sekunden.

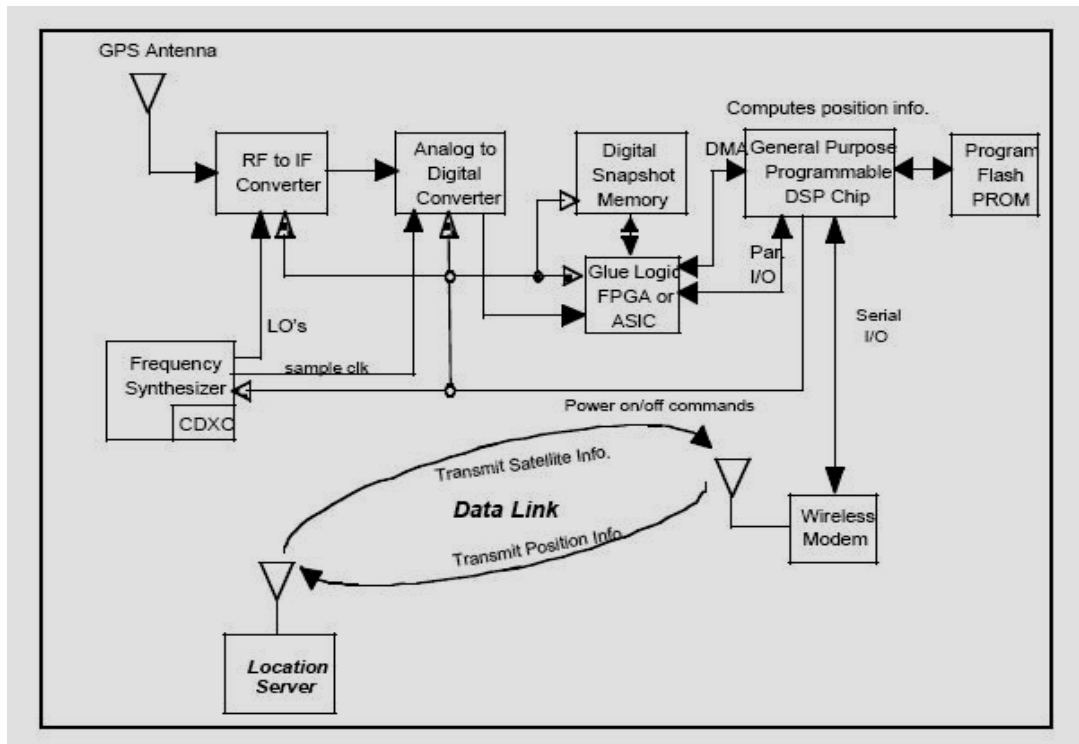


Abb.4-006: DSP-basiertes GPS Prozessierungssystem [MOEGLEIN et al. 1998]

## 4.5. Signalakquisition

Konventionelle GPS Receiver haben üblicherweise zwei bis vier Korrelatoren für die Verfolgung jedes Satelliten. Die vom GPS-Empfänger erzeugten Codes werden Chip für Chip gegenüber den korrekten Codes aus dem Satelliten verzögert. Jeder C/A Code enthält 1023 Chips. Es gibt 40 typische Code-Frequenzen, nach denen der GPS-Receiver suchen muss. So bilden 40 x 1023 Chips den Suchraum [VAN DIGGELEN 2001b]. Jeder Chip verzögert die Suchzeit mindestens 1 ms, deshalb beträgt die Akquisitionszeit für den gesamten Suchraum wenigstens 40 Sekunden. Wenn die beiden PRNs nach einer gewissen Zeitspanne übereinstimmen, so wird der Korrelationskoeffizient  $R(t) = 1$  und bildet eine Spitze (Abb.4-007-01). Dann ist der entsprechende Satellit akquiriert. Mit Einführung der A-GPS-Technik wird der Suchraum drastisch reduziert. Indem der Almanach der Satelliten durch das Wireless Network zum Handset übertragen wird und die Position durch die Cell-ID genähert bekannt ist, weiß der GPS-Empfänger im Kaltstartmodus sofort, welche Satelliten er beobachten kann. Deshalb bleiben nur 4 bis 10 Codefrequenzen übrig, die vom GPS-Empfänger zu durchsuchen sind. So benötigt man durch die Einführung von Assistenzdaten nur 4 bis 10 Sekunden Zeit



bis zur ersten Positionsbestimmung (TTFF: time to first fix) beim Kaltstart mit konventionellem GPS-Empfänger.

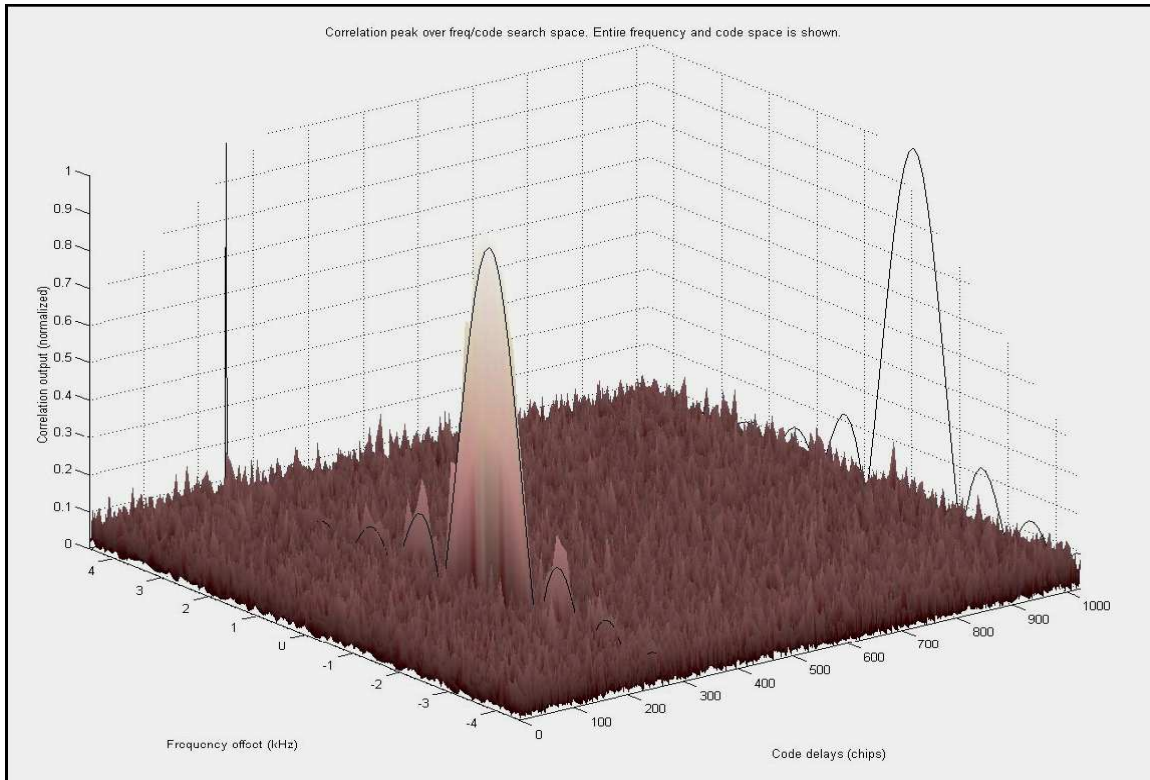


Abb.4-007-01: Konventioneller Suchraum für Frequenz/Verweildauer [VAN DIGGELEN 2001b]

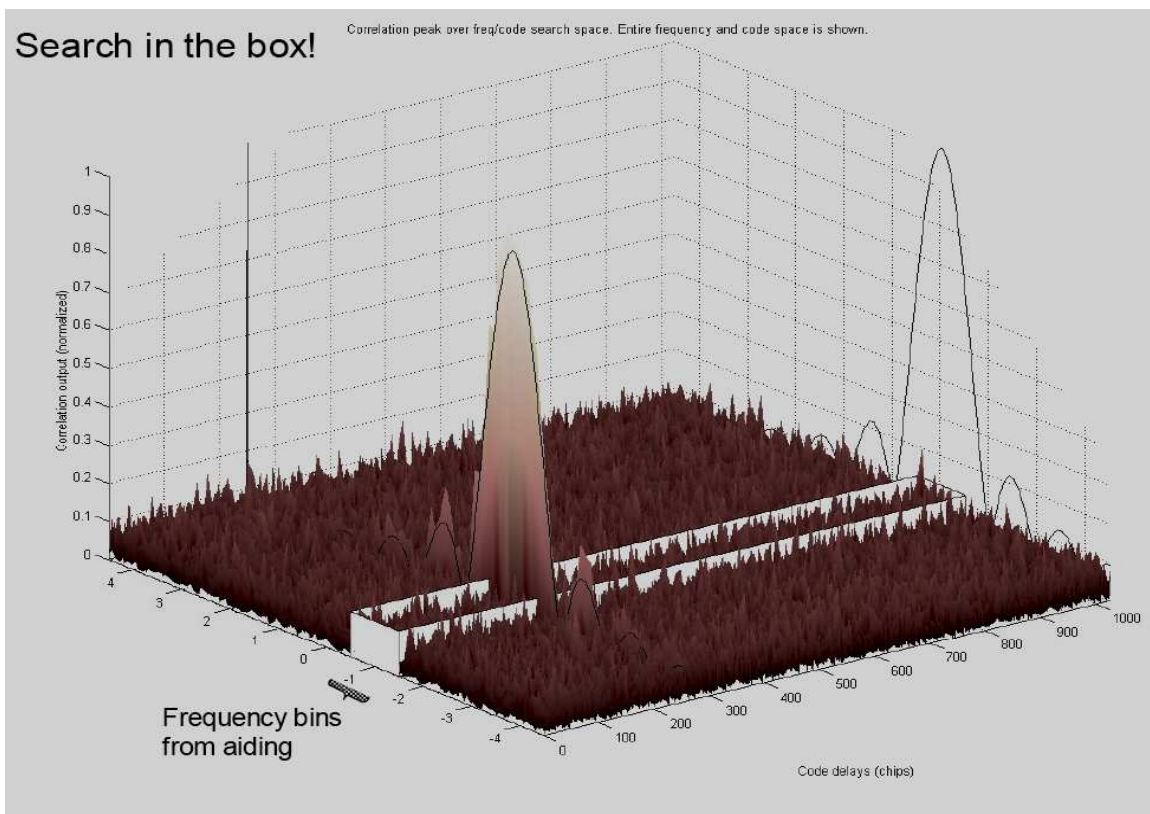


Abb.4-007-02: Suchraum für Frequenz/Verweildauer durch Einführung der Assistenzdaten [VAN DIGGELEN 2001b]

Der C/A-Code wird auf dem L1-Signalträger mit einer Frequenz von 1.575,42 MHz von den GPS-Satelliten ausgestrahlt. Die Ungewissheit der Frequenz beträgt  $\pm 5$  KHz [EISFELLER et al. 2005b] alleine aus der Dopplerverschiebung durch die Satellitenbewegung. Es gibt noch die Frequenzunsicherheit aus der Bewegung des Mobiltelefons und vom Oszillatorfehler. Die Dopplerverschiebung beträgt so mehr als  $\pm 5$  KHz (Abb.4-007-02).

Das heißt, die Anzahl der von Frequenzen wird fast zehnfach reduziert, wenn die Assistenzdaten eingeführt werden (Abb.4-007-02). So kann die Empfindlichkeit um  $20 \log_{10}(\sqrt{N}) = 10$  dBm erhöht werden [VAN DIGGELEN et al. 2001a).

Aber in einem Gebäude ist ein konventioneller GPS-Empfänger trotz der Einführung von Assisted Daten 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 [EISFELLER et al. 2005a]. Es gibt nämlich noch einen Grund, dass die Verweildauer in einem Codechip von 1 ms auf 10 ms oder länger erhöht wird, obwohl der Suchraum durch Einführung der Assistenzdaten schon 10-fach reduziert ist.

Wenn man nimmt, dass für eine sichere Detektion das SNR zumindest 10dB betragen muss, dann genügt bei einem  $C/N_0$  von 40dBHz (-130dBm) eine Integrationszeit über 1 ms (Abb. 4-008). Dagegen müsste ein schwaches Signal mit einem  $C/N_0$  von 10 dBHz (-160dBm) schon 1s lang integriert werden [WIESER et al. 2006]. Das heißt, die Verweildauer in einem Codechip (dwell time) beträgt unter Indoor-Bedingungen 1,0 Sekunden gegenüber nur 0,001 Sekunden bei Outdoor-Bedingungen [EISFELLER et al. 2005b].

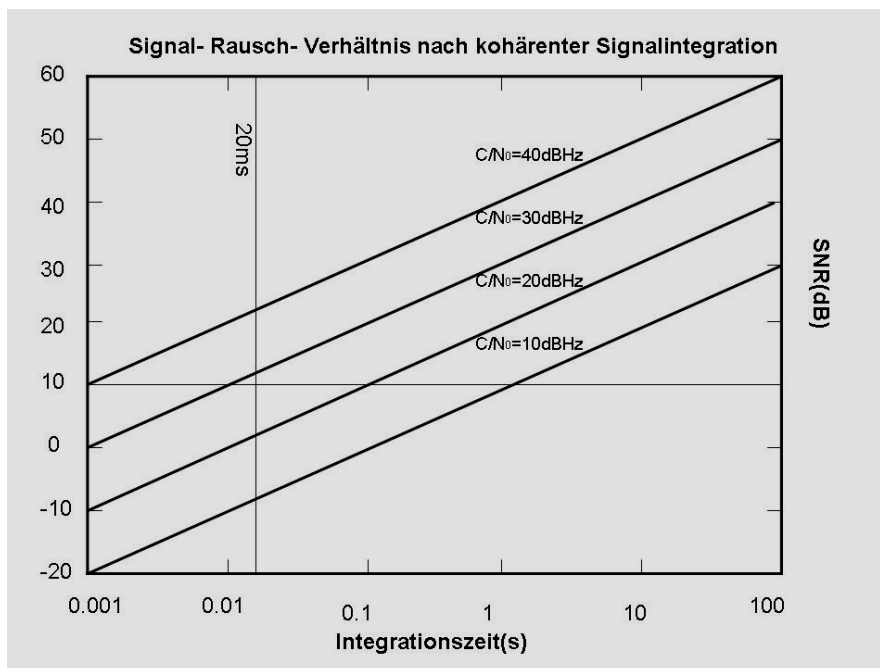


Abb.4-008: Signal-Rausch-Verhältnis nach kohärenter Signalintegration [WIESER et al. 2006]

Um die Positionierung Indoor oder in einer zur Beobachtung von Satelliten ungünstigen Umgebung zu ermöglichen, wird ein hochempfindlicher Empfänger benutzt, der über mehr als tausend Korrelatoren verfügt. Das minimale Signal-Rausch-Verhältnis  $C/N_0$  für die Akquisition von

einem hochempfindlichen GPS-Empfänger beim Kaltstart beträgt 31 bis 27 dBHz entsprechend -139 bis -143 dBm [EISFELLER et al. 2005b]. 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 einem Codechip (dwell time) beträgt unter Indoor-Bedingungen 1,0 Sekunde gegenüber nur 0,001 Sekunde bei Outdoor-Bedingungen [EISFELLER et al. 2005b]. Wir nehmen an, dass durch Einführung der Assistenzdaten nur 4 bekannte Satelliten-Codes zu akquirieren sind und die Zahl der Korrelatoren im hochempfindlichen GPS-Chip 16.000 ist (Chips der ersten Generation). 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. Es wird der Nyquist-Faktor 2 und ein Konfidenzfaktor 2 berücksichtigt und die Zahl der Codechips des Suchraums beträgt 16.368 [EISFELLER et al. 2005b]. Die benötigte Akquisitionszeit errechnet sich näherungsweise nach:

$$T_{\text{Akq}} = \frac{N_s}{N_{\text{Corr}}} T_{\text{Dwell}} \quad [\text{EISFELLER et al. 2005b}] \quad (4-001)$$

$T_{\text{Akq}}$  ... totale Akquisitionszeit  
 $T_{\text{Dwell}}$  ... Verweildauer in einem Codechip  
 $N_s$  ... Zahl der Samples  
 $N_{\text{Corr}}$  ... 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 hochempfindlichem GPS-Chips versehene GPS-Empfänger kann die C/A Codes von GPS-Satelliten mit Führung durch Assistenzdaten in nur 1 Sekunde akquirieren.

#### 4.6. A-GPS - Algorithmen

Wie in [AGARWAL et al. 2002] dargestellt werden die Ablaufschritte des A-GPS - Algorithmus meistens folgendermaßen gegliedert:

1. Berechnung der Satellitenpositionen und Identifikation der sichtbaren Satelliten:  
 Auf Basis der Informationen über die Ephemeriden und des Zeitstempels  $t$  werden die Positionen von allen Satelliten  $s_i$  berechnet und mit der Position der Basisstation  $p$  oder der Cell-ID kann die Identifizierung der von der mobilen Station sichtbaren Satelliten 1, ..., N vorgenommen werden.
2. Signalakquisition: Von jedem Satelliten wird das Signal akquiriert und die Code-Phase geschätzt. Diese werden mit  $\tilde{\tau}_1, \dots, \tilde{\tau}_n$  bezeichnet.
3. Berechnung der Pseudostrecken: Für jeden GPS-Satelliten kann die Integerzahl

$$k_i = (t_i - r_i/c - \tau_i) 10^3 \quad (4-002)$$

gebildet werden und auch das aufgenommene Signal der Code-Phase

$$\hat{t}_i = k_i 10^{-3} + \tilde{\tau}_i \quad (4-003)$$

berechnet werden. Dabei ist

$$r_i = \| s_i - p \|$$

$r_i$ : die Entfernung zwischen Referenzstation (oder CELL-ID) und Satelliten;

$c$ : die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum;

$t_i, \tilde{\tau}$ : Zeitstempel.

So bekommt man die Pseudostrecke zwischen mobiler Station und  $i$ -tem Satelliten:

$$\rho_i = c(\tilde{t} - \hat{t}_i) \quad (4-004)$$

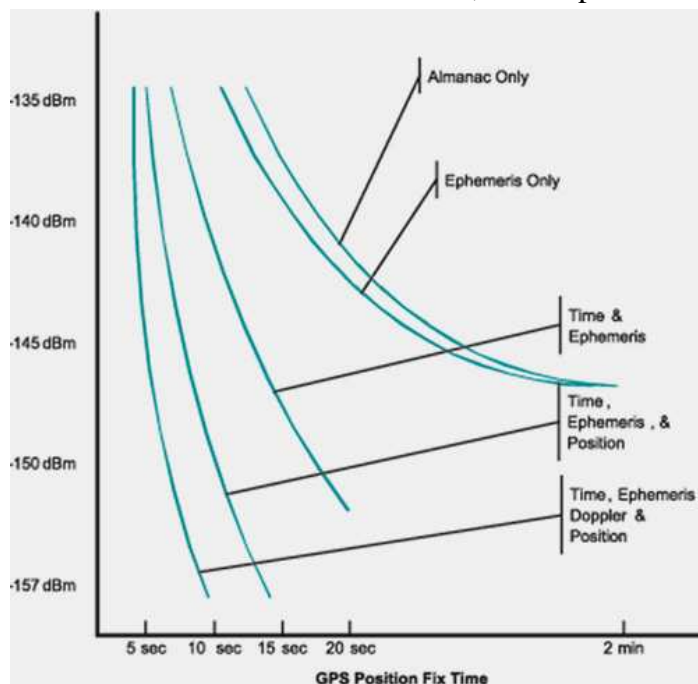
4. Triangulation: Hier gibt es zwei bedeutende Fehlerquellen bei der Berechnung der Pseudostrecken, nämlich Zeitstempelfehler (Asynchronität)  $\tilde{t} - t_i$  und Codephasenfehler  $\tilde{\tau}_i - \tau_i$ .

Die Algorithmen für kohärente und nicht-kohärente Prozesse werden in [AGARWAL et al. 2002] detailliert diskutiert.

### 4.7. 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.

Der A-GPS Server oder die Referenzstation bieten dem Benutzer vielfältige Assistenzdaten, um die TTFF reduzieren zu können, z. B. Ephemeriden, Almanach, Referenzstationsposition,



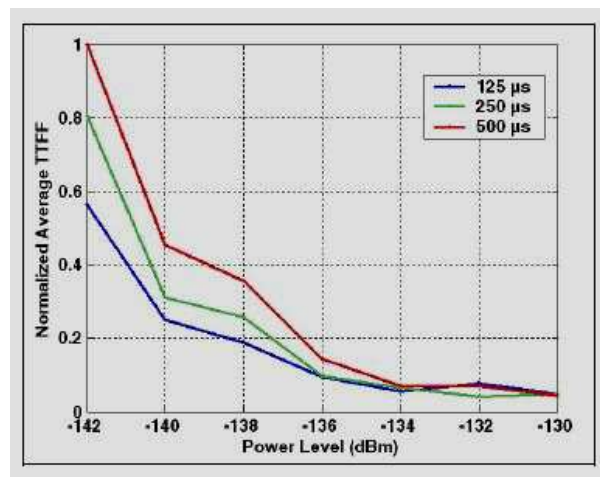
Cell-ID, Time Stamp, Satellitenuhrenkorrektur, DGPS-Korrektur, Doppler-Verschiebungen etc. [SYRÄRINNE 2001; KARUNANAYAKE et al. 2004; WEIL 2004; SU et al. 2006b; AGARWAL et al. 2002].

Die Abb. 4-009 zeigt im Überblick die einzelnen Beiträge, welche bestimmte Assistenzinformationen zur Erhöhung der Sensitivität und zur Beschleunigung der ersten Signalakquisition leisten können [CARVER 2005].

Abb.4-009: Verbesserungen der Sensitivität und der TTFF durch verschiedene Stufen von Assistenzleistung [CARVER 2005]

#### 4.7.1. Time Stamp

Die Genauigkeit der Code-Messung verhält sich proportional zur Genauigkeit der



Zeitassistenz (Timing Assistance) [SYRÄRINNE et al. 2002] und natürlich hat die Genauigkeit der Zeit an sich eine signifikante Wirkung auf die TTFF [KARUNANAYAKE et al. 2005]. Je genauer die Zeit ist, desto besser wird TTFF (Abb.4-010)

Abb.4-010: Auswirkungen auf TTFF für drei verschiedene Time Stamps [KARUNANAYAKE et al. 2004]

Typischerweise beträgt die Genauigkeit von Time Stamps im CDMA-Network bis  $100\mu\text{s}$  oder besser und im Gegensatz dazu kann diese Zeitdifferenz in GSM-Network bis zu einigen Minuten erreichen [AGARWAL et al. 2002]. So wird die Zeitassistenz im CDMA-Netz ignoriert, muss aber bei GSM berücksichtigt und den Benutzer von A-GPS zugeführt werden.

#### 4.7.2. Referenzstationsposition, Cell-ID und Almanach

Der Almanach kann als Assistenzdatensatz benutzt werden, um die genäherten Satellitenpositionen voraussagen zu können. Typischerweise werden die Positionen von Basisstationen, welche von den Nutzern durch Cell-ID-Verfahren ermittelt werden können, als Assistenzdaten betrachtet. Die Genauigkeiten können in urbanen Gebieten von 100 Metern bis zu einigen Kilometern und in ländlichen Regionen bis zu 30 km reichen. Bei manchen Ländern oder Netzbetreibern gibt es zahlreiche Referenzstationen, z. B. die SAPOS-Stationen in Deutschland, die auch als Assistenzdaten für A-GPS betrachtet werden. Diese beiden Assistenzdaten, Cell-ID - Positionen und Referenzstationspositionen können als die genäherten Positionen von Handsets angesehen werden. Indem der Almanach der Satelliten und die genäherten Positionen von Handsets durch das Wireless Network zum Handset übertragen werden, weiß der GPS-Empfänger im Kaltstartmodus sofort, welche Satelliten er beobachten kann. Damit kann die TTFB deutlich verbessert werden [SU et al. 2006b].

#### 4.7.3. Ephemeriden

Die wesentliche Schwierigkeit bei der Akquisition sehr schwacher GPS-Signale liegt in der Struktur des Signals selbst. Durch den einzigartigen PRN-Code sind die einzelnen Satellitensignale detektierbar und unterscheidbar. Es genügt sogar bei mehrfach unterbrochenem Empfang ein minimaler Signalfetzen, da sich ja der C/A-Code jede Millisekunde wiederholt. Anders ist dies mit dem Almanach und den Ephemeriden; diese sind ja dem Träger ebenfalls aufmoduliert und können nur mit einer Rate von 50 bps gelesen werden. Dafür wäre aber ein länger dauernder, ungestörter Empfang nötig. Es liegt daher nahe, diese Daten über die Mobilfunkverbindung zuzuführen. Die Nutzung kann auf die Befreiung des Codes von der Message zur Realisierung kohärenten Trackings über die sonst auf 20 ms beschränkten Intervalle hinaus und auf die autarke Berechnung der Position fokussieren.

Die Ephemeriden sind nur bis zu 4 Stunden gültig. Konventionelle GPS-Empfänger können diese Ephemeriden innerhalb von 30 Sekunden herunterladen, wozu jedoch ungestörter Empfang herrschen muss. Ein A-GPS - fähiges Mobilgerät kann durch Einführung der Ephemeriden aus dem Wireless Network früher akquirieren und die Lokalisation der Satelliten sowie die Position des Mobilgeräts berechnen.

#### 4.7.4. Satellitenuhrkorrektur

Die Uhrenfehler werden, wie im Abschnitt 2.1.5.1.1 genau beschrieben, mit diesbezüglichen Parametern aus dem Navigationscode am A-GPS - Endgerät als Assistenzdaten eingeführt, um die Genauigkeit der Code-Messung zu steigern.

#### 4.7.5. Dopplereffekt (Frequenzverschiebung)

Ein wesentliches Problem bei der Akquisition von GPS-Signalen bei schwachem Empfang ist die Frequenzunsicherheit, unter der die Satelliten im Endgerät erscheinen, wobei gleichzeitig möglichst lange kohärent integriert werden soll. Die Frequenzunsicherheit wird einmal hervorgerufen durch die prinzipiell gut vorhersagbare Dopplerverschiebung der einzelnen GPS-Satelliten, der Komponente aus der Erdrotation und durch den Fehler des Quarzoszillators im Endgerät, der im Normalfall unbekannt ist [EISFELLER et al. 2005b]. Der Dopplereffekt setzt sich aus drei Anteilen zusammen [Enge et al. 2001]:

(1). Satellitenbewegung: das beträgt schon  $\pm 5$  kHz (1000 m/s). Nach der Einführung von Ephemeriden und Näherungsposition kann der Anteil vorhergesagt werden. Aber die Unsicherheit der Position aus dem Mobilfunk kann eine Frequenzverschiebung verursachen. Wenn die Position aus dem Mobilfunk auf 10 Kilometer genau ermittelt ist, beträgt der Einfluss bis zu  $\pm 8$  Hz.

(2). Der Dopplereffekt aus der Bewegung des Empfängers kann von  $\pm 7.3$  bis  $\pm 73$  Hz mit der Geschwindigkeit von 5 bis 50 km/s resultieren.

(3). Die Dopplerverschiebung aus dem Uhrgang beim Nutzer, nämlich der Oszillatorfehler eines Mobiltelefons, kann bis zu  $\pm 1$ Hz bei synchronisiertem Netzwerk CDMA und  $\pm 150$ Hz bei nicht synchronisiertem Netzwerk wie GSM betragen.

Diese Tatsache deutet bereits die Notwendigkeit einer Assistenzfunktion aus dem Mobilfunknetz an

#### 4.7.6. Differential Korrektur

Die Korrekturen aus dem konventionellen GPS-Referenznetz, z.B. die Pseudorangekorrektur, können auch als Assistenzdaten betrachtet werden, um die Genauigkeit zu erhöhen.

### 4.8. Modi von A-GPS [SU et al. 2006b]

#### 4.8.1. Mobile Station Based Mode.

Bei diesem Modus erfolgt die Positionsberechnung im Handset mit einem hoch empfindlichen GPS-Empfänger (Abb.4-011).

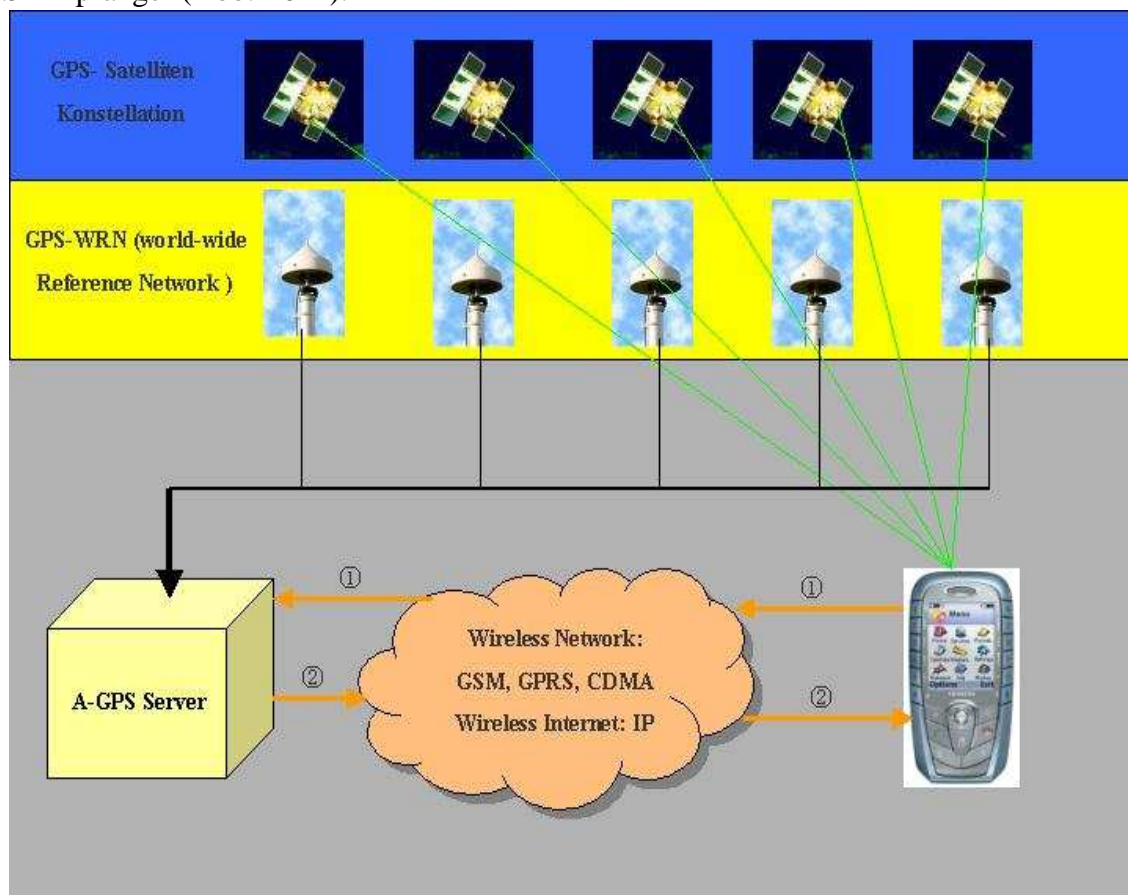


Abb.4-011: Ablaufschema der Assistance Data für MS-Based Mode

Man benötigt folgende Assistenzdaten:

- Cell-ID
- Almanach
- Ephemeriden
- Koordinaten der Referenzstation
- Referenzzeit (bei GSM Network)

Vorgehensweise:

- ① Anfangs muss der A-GPS-Server die genäherte Position des Handsets kennen, also die Cell-ID. Diese Cell-ID kann man als erste der Assistenzdaten betrachten.
- ② Der A-GPS-Server sendet den Almanach, die Ephemeriden und die Koordinaten der Referenzstation sowie die Referenzzeit der potentiell sichtbaren Satelliten zum Handset.
- ③ 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 nach LBS oder PSAP (public safety answering point) zu leiten.

#### 4.8.2. Mobile Station Assisted Mode

Bei diesem Modus wird die Positionsberechnung im A-GPS-Server erledigt (Abb.4-012).

Man benötigt folgende Assistenzdaten:

- Cell-Id
- Almanach
- Pseudostrecken

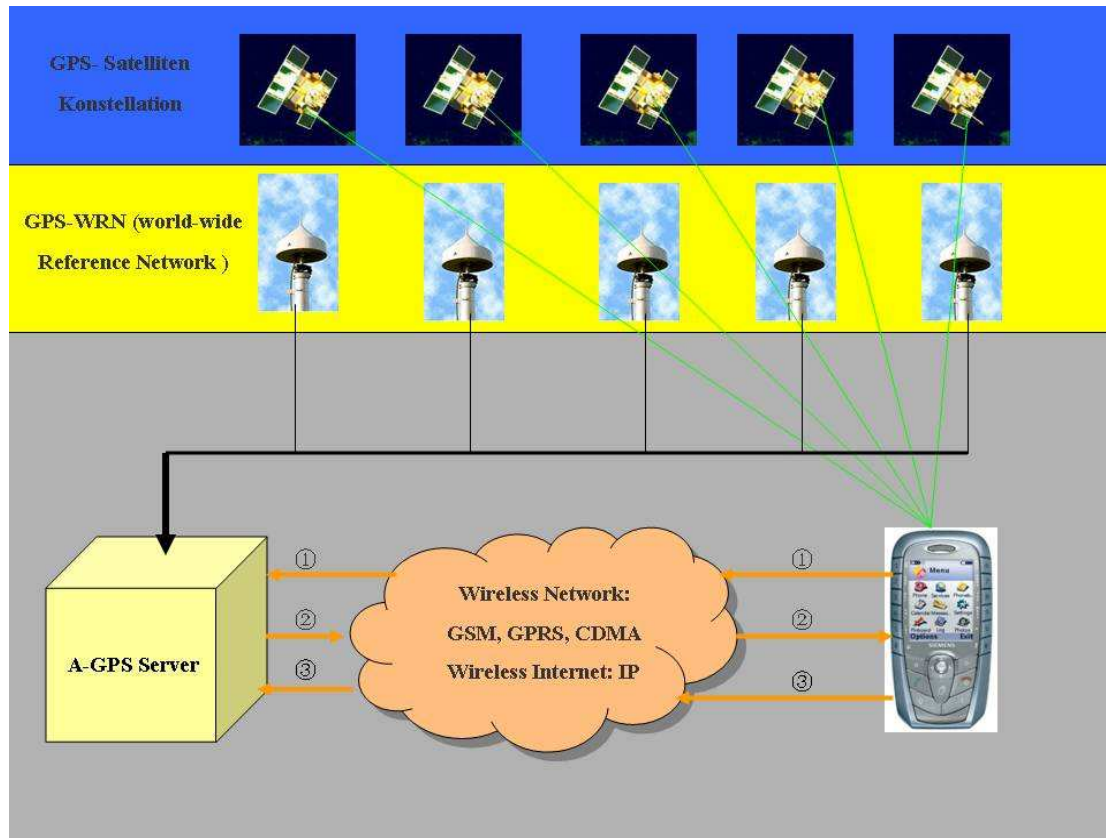


Abb.4-012: Ablaufschema der Assistance Data für MS-Assisted Mode

Vorgehensweise:

- ① Wie im MS-Based Modus ist die Cell-ID als erste Information der Assistenzdaten dem A-GPS Server durch das Netz zugeführt worden.
- ② Der Almanach der betreffenden Satelliten wird zum Handset gesandt.
- ③ Die am Handset beobachteten Pseudostrecken werden als Assistenzdaten zum A-GPS-Server gesandt. Beim Server wird die Position des Handsets ausgewertet. Dabei ist theoretisch die Nutzung weiterer Zusatzinformationen möglich wie z.B. digitale Höhenmodelle. Diese Position wird bei Bedarf auch zum Handset oder LBS/PSAP geschickt.

### 4.8.3. Netzverbundener Mode

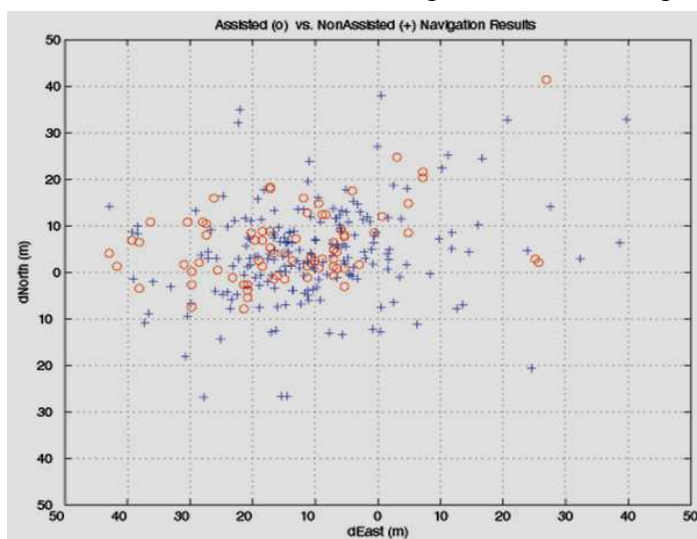
Das mobile Endgerät ermittelt autonom die Position, ist aber zur Nutzung eines LBS - z.B. der Übertragung eines Kartenausschnittes- mit dem Netz verbunden.

### 4.8.4. Standalone

Dieser Modus der endgerät-autonomen Positionierung besteht aus drei verschiedenen Techniken: Autonomous, Enhanced Assistance durch Langzeitephemeriden LTO (siehe Abschnitt 4.10) und High-Sensitivity Technik (siehe Abschnitt 4.9)

## 4.9. HS-GPS (High Sensitivity GPS)

Unter High-Sensitivity versteht man die GPS-Empfänger, die Signale von GPS-Satelliten mit einer Leistung von -150dBm oder weniger erfassen können [WIESER et al 2006]. Durch Experimente wurde nachgewiesen, dass die GPS-Signale im Wald, im Stadtgebiet und sogar im Gebäude zwar stark gedämpft, aber immer noch vorhanden sind [PETERSON et al. 1997]. Zuerst sollte der HS-GPS-Empfänger mit gesteigerten Hardware- und Softwareleistungen ausgerüstet werden, um die abgeschwächten GPS-Signale in ungünstiger Umgebung ohne Assistenz oder nur mittels Aiding-Assistenz (Siehe kapitel 4.16), z.B. entweder die Ephemeriden, der Almanach durchs mobile Netzwerk oder Initialisierung im Freiland, schneller akquirieren zu können. Es kann wie ein autonomer Modus von A-GPS betrachtet werden. Die Struktur eines HS-GPS-Empfänger ist ähnlich wie beim A-GPS-Empfänger. Bei nicht-kohärenter Integration kann ein HS-GPS-Empfänger prinzipiell über mehrere 100 ms, ja sogar 1000 ms pro Codechip integrieren, um die sehr schwachen Signale zu erfassen. So benötigt man eine erhebliche Rechenleistung zur Parallelrechnung durch parallele Korrelatoren. Ein derzeit erhältlicher HS-GPS Receiver kann bei einer Integrationsdauer von jeweils 100 ms 4 Satelliten durch z.B. 200.000 Korrelatorn innerhalb von ca. 0.2 s akquirieren [WIESER et al. 2006]. Der Vergleich der Genauigkeiten zwischen HS GPS Empfänger und



Assisted GPS Empfänger unter low-signal Bedingungen [CARVER 2005] wird in den folgenden Abb.4-013 und Tab-4-002 verdeutlicht. Die Voraussetzungen sind jedoch, dass dem HS-GPS Empfänger eine Zeitdauer zur Initialisierung erlaubt wurde, um die notwendigen Navigationsinformationen zu erfassen, während der Assisted GPS Empfänger unter echten Kaltstartbedingungen beginnen musste.

Abb.4-013: Genauigkeiten von A-GPS mit und ohne Assistenzdaten [CARVER 2005]



Mit einem Assisted GPS-Empfänger kann die Akquisitionszeit bei den schwachen Signalen drastisch reduziert werden. Für ein kurzes Sampling Interval kann man einen HS-GPS Empfänger mit Initialisierungsmöglichkeit oder mit LTO (Long Time Orbits) im autonomen Mode einsetzen.

Device Mode	East Std. Dev.	North Std. Dev.	Horiz. Std. Dev.	CEP
AGPS	8.8217 deg.	20.5404 deg.	22.3 m	16.0850 m
HS GPS (Autonomous)	14.7323 deg.	18.5832 deg.	23.71 m	19.2698 m

Tab.4-002: Genauigkeiten von A-GPS und HS-GPS [CARVER 2005]

#### 4.10. Long Term Orbit Technik (LTO)

LTO ist die Abkürzung des englischen Ausdrucks "Long Term Orbits". Durch die Verfolgung der GPS-Konstellation im WWRN- Worldwide Reference Network über Tage hinweg werden LTO mit einem Bahnmodell präzisiert. Diese LTO werden den Benutzern mit Bahnfehlern von bis zu 1.2m innerhalb 4 Tagen zur Verfügung gestellt. Die Genauigkeit des LTO ist sogar besser als die der Broadcast Ephemeriden [LUNDGREN et al. 2005].

Die amerikanische Firma Global Locate hat ein viertägiges LTO kommerziell hergestellt, das durch das 56 kbps GPRS innerhalb von nur 1 bis 2 Sekunden oder im Internet zum Download zur Verfügung gestellt wird (Abb.4-014). Dies reduziert die Mobilfunkgebühren wesentlich.

Die schweizerische Firma u-blox hat sogar maximal 14-tägige Almanache entwickelt (siehe auch Kapitel 5.6.)

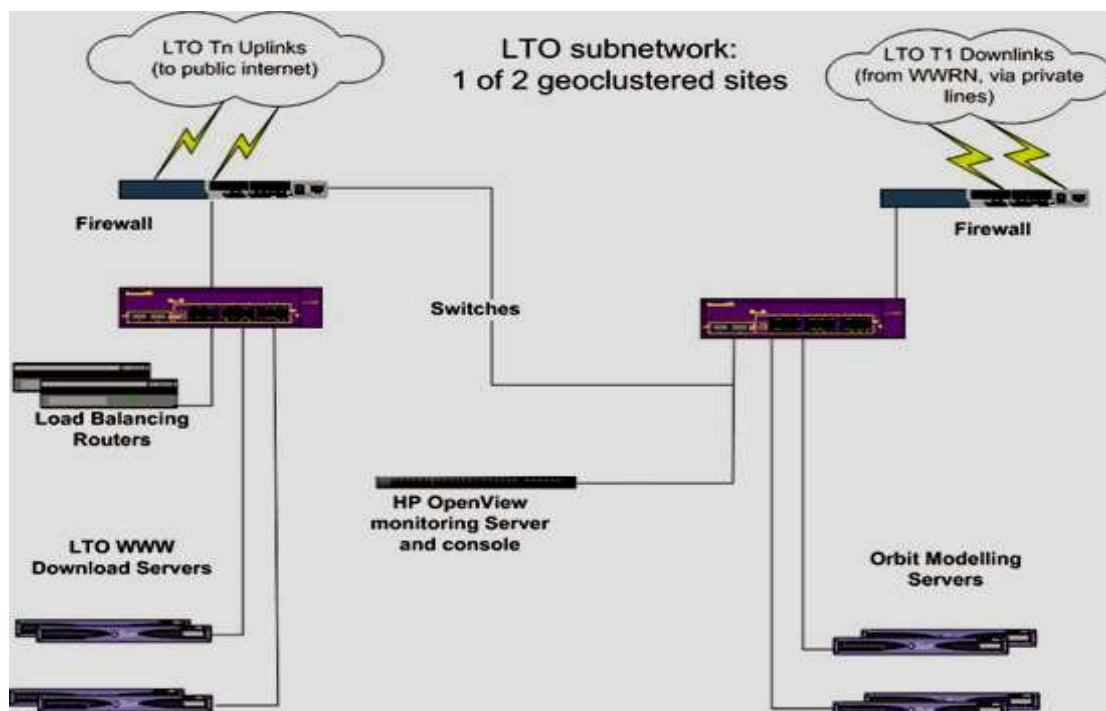


Abb.4-014: LTO Subnet-work, Generation und Distribution [LUNDGREN et al. 2005].

Im Vergleich zum autonomen Mode hat der Enhanced autonomous Mode mit LTO seinen großen Vorteil bei TTFF (Abb.4-015). Die Kosten bei der Kombination zwischen LTO und SUPL (Secure User Plane Location) (siehe 4.11) können im Vergleich zur Integration des A-GPS-Systems in die C-Plane (Control Plane) erheblich reduziert werden.

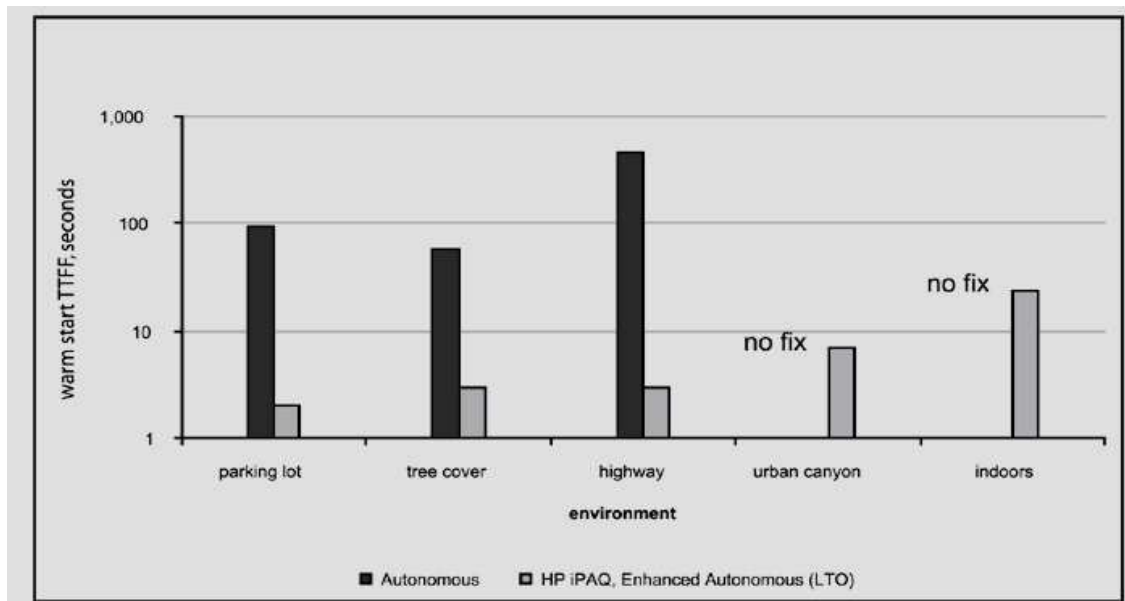
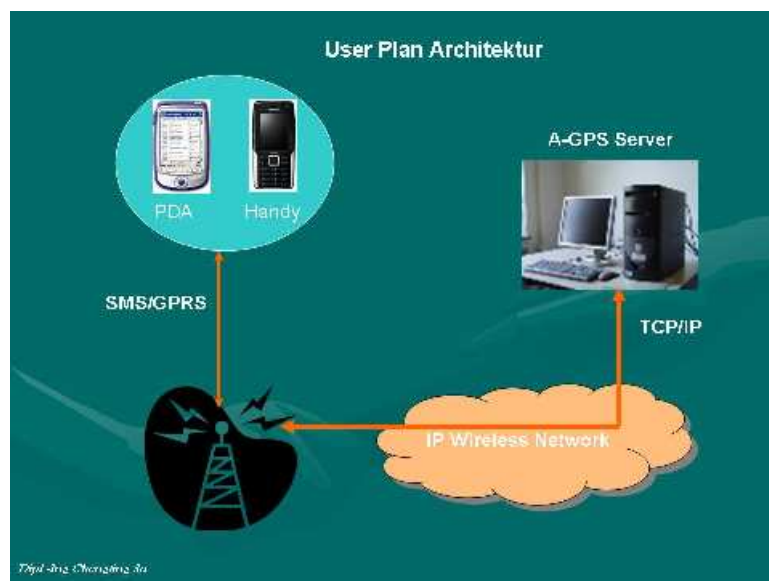


Abb.4-015: TTFF mit LTO im Vergleich zum Autonomen Mode [LUNDGREN et al. 2005].

#### 4.11. Nutzerebene

Der Handy-Benutzer empfängt die Assistenzdaten durch TCP/IP im Wireless Network per SMS, GPRS oder HSDPA vom Assistenzserver, siehe Abb. 4-016. Er braucht keinerlei



zusätzliche Ausrüstungen oder Anforderungen aufzubauen, was der Verbreitung moderner A-GPS Technik entgegenkommt. Die im Jahre 2002 vom WAP Forum und Open Mobile Achitecture gegründete OMA (Open Mobile Alliance) hat den Aufwand betrieben, den User Plan Standard in der ganzen Welt als internationale Norm zu regeln. Viele Netzbetreiber haben auf der Basis des User Plane Systems auch eigene A-GPS Server entwickelt (Abb.4-016).

Abb.4-016: Struktur der User Plane

#### 4.12. Kontrollebene

Im Gegensatz zur Nutzerebene muss die Kontrollebene die Infrastruktur des Netzes für A-GPS-Dienste verändern, insbesondere soll ein zusätzliches SMLC (Serving Mobile Location Center) aufgebaut werden. Der Mobilfunkanbieter muss mehr investieren.

#### 4.13. A-GNSS - die neue Perspektive von A-GPS

Mit der Modernisierung des GPS-Systems, der Entwicklung von Galileo und der Vollendung von GLONASS sowie der Fertigstellung von chinesischen COMPASS wird in der Zukunft der Begriff A-GPS durch A-GNSS ersetzt werden. Durch die Expansion der Assistenzdaten, die durchs Wireless Network übertragen werden, und die Carrier-Messungen von Handys

wird die Genauigkeit von heute Meter-Bereich für A-GPS bis zukünftigen den Zentimeter für A-GNSS erreichen können (Abb.4-17) [SYRJÄRINNE et al. 2006]. Neben den GPS- und Galileosystemen kommen noch das japanische QZSS (Quasi-Zenith Satellite System), das modernisierte GLONASS, SBAS und eventuell das LAAS, vgl. Abb.4-018. Die Struktur und das Konzept werden in der Abbildung 4-019 gezeigt.

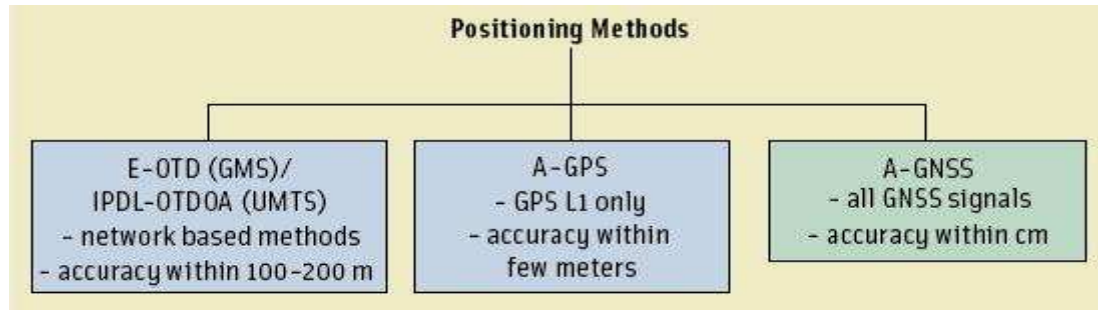


Abb.4-017: die Genauigkeiten für Geolokalisationsmethoden [SYRJÄRINNE et al. 2006]

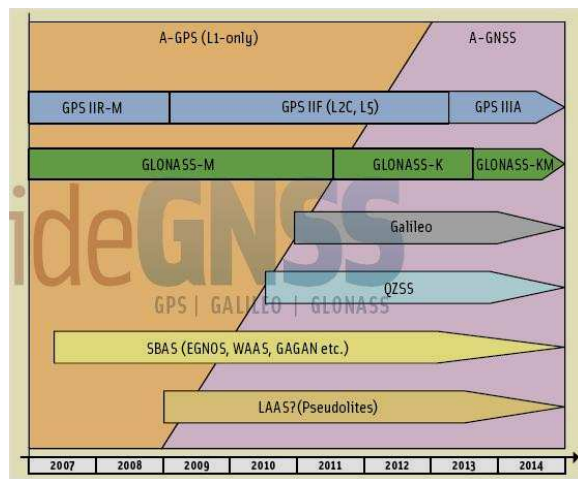
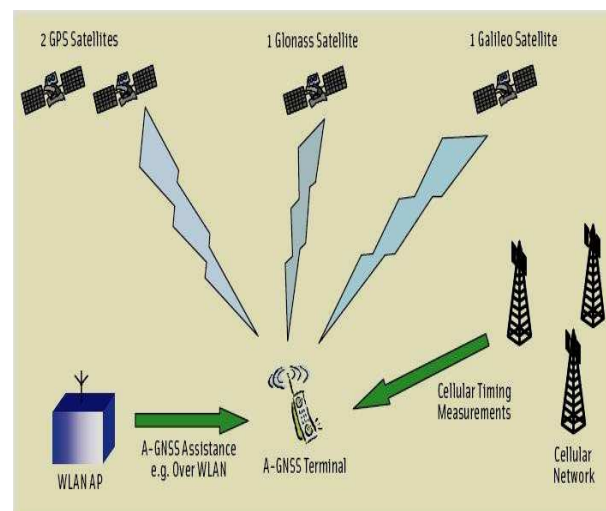


Abb.4-019: Konzept und Struktur von A-GNSS [SYRJÄRINNE et al. 2006]

Abb.4-018: Für A-GNSS einschlägige Satelliten Systeme [SYRJÄRINNE et al. 2006]



#### 4.14. W-GIS (Wireless GIS)

W-GIS ist die Abkürzung für Wireless GIS, es stellt die raumbezogenen Geodaten für mobile Geräte im Feld zur Verfügung. Durch WGIS können die digitale Karte und die Sachdaten, die in der Datenbank des zentralen GIS gespeichert sind, über Wireless Network/WLAN zu mobilen feldtauglichen Geräten gesandt werden. Es besteht aus drei Komponenten: den mobilen Geräten mit Java- oder BREW-Funktionen und Protokoll von TCP/IP, dem Wireless Network wie GPRS/CDMA/UMTS/WLAN und der GIS-Datenbank.

Mit offenen Systemen und der Interoperabilität durch die Standards und Normen OGC und ISO werden verteilte GI-Systeme entwickelt [SCHILCHER 2006]. Diese Entwicklung ermöglicht mobilen GIS-Geräten, durch das Wireless Network mit 3GPP Wireless Network Standards umfangreiche Informationen aus verschiedenen GIS-Datenbanken, wie z.B. Karte, Wetterlage, Verkehrsinformation usw. gleichzeitig zu erhalten (Abb.4-020).

Anwendungsbereiche:

- Katastervermessungen,
- DFK-Digitale Flurkarte

- Navigation
- Tracking
- Topografische Kartdatenerfassung

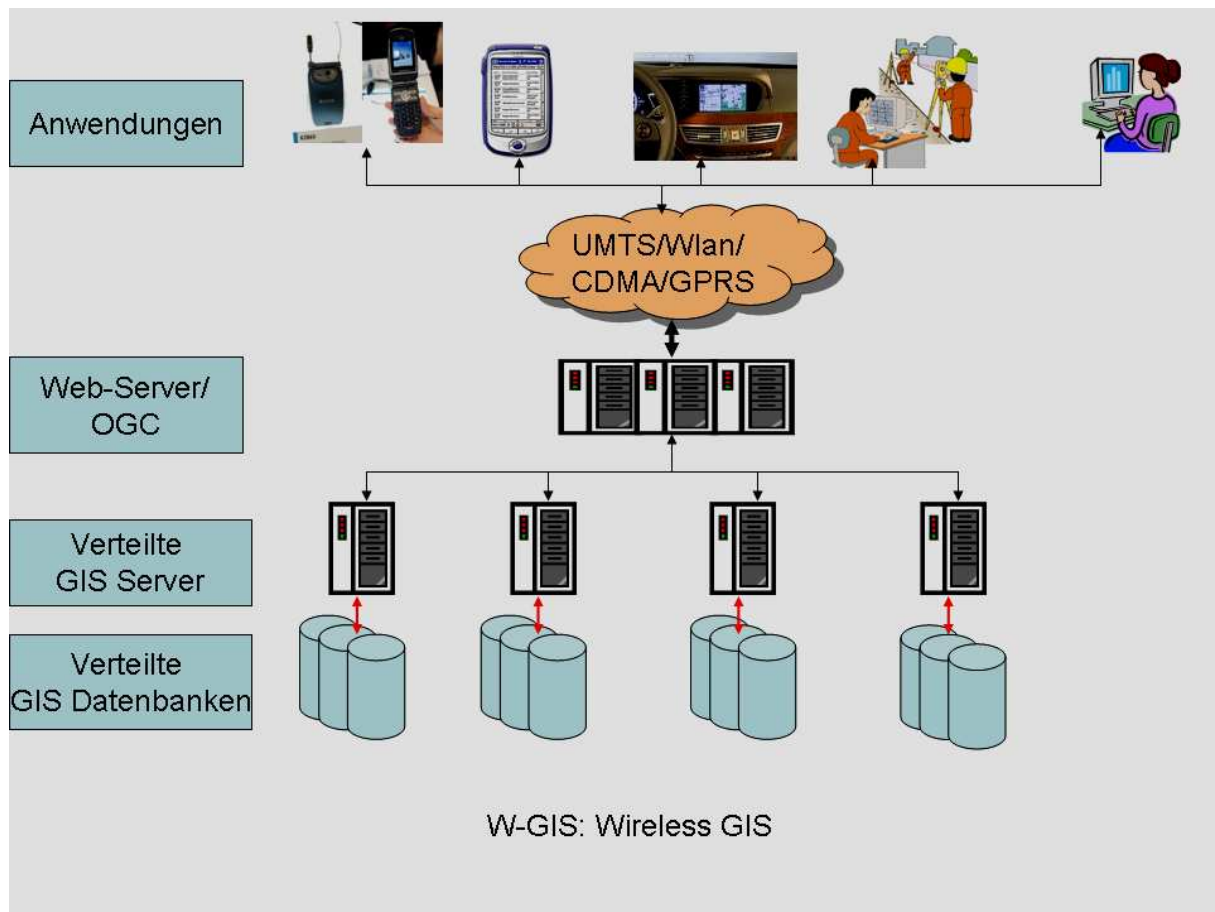


Abb.4-020: Struktur von W-GIS

In dieser Arbeit wird das W-GIS in der Hochwasserrettungssimulation seine Anwendungen finden.

#### 4.15. W-GPS (Wireless GPS)

W-GPS steht für Wireless GPS und kann als spezifische Form von Mobile Station Assisted GPS verstehen. Während der Modus von MS-Assisted GPS die Pseudostrecken am Rover verbessert, bietet W-GPS die Rohdaten dem Rechenzentrum zur Weiterverarbeitung an. Die von GPS-Stationen erfaßten GPS-Rohdaten werden regelmäßig zur Zentralstation gesandt. Mit der Rohdaten, die von GPS-Empfänger auf der Zentralstation 24 Stunden lang beobachtet und aufgenommen werden, können die Positionen zeitmäßig durch geodätische hohe präzise GPS-Ausgleichssoftware bis auf cm sogar bis mm genau ausgewertet werden (Abb. 4-021).

Diese Technik von W-GPS findet bei Überwachungsaufgaben wie z.B. Küstenüberwachung, Berg- und Lawinenüberwachung, Hochwasserschutz etc. Anwendung. Die großen Vorteile liegen in der Einsparung von Personal und Infrastruktur (z.B. Kabel). Allerdings kommen die Kosten für die Kommunikation hinzu. In dieser Arbeit wird diese Technik im Aufbau einer Überwachungsnetz zur Frühwarnung von Hochwasser- oder Eisstoß zum Einsatz gebracht (Kapitel 6.3.4 und 6.4.4.3).

W-GPS kann auch als spezifische Form von DGPS betrachten. Im Vergleich dazu werden beim DGPS die Positionen beim Rover ausgeglichen und die Übertragung erfolgt meist über Funkstrecken (Telemetrie) statt über Mobilfunk.

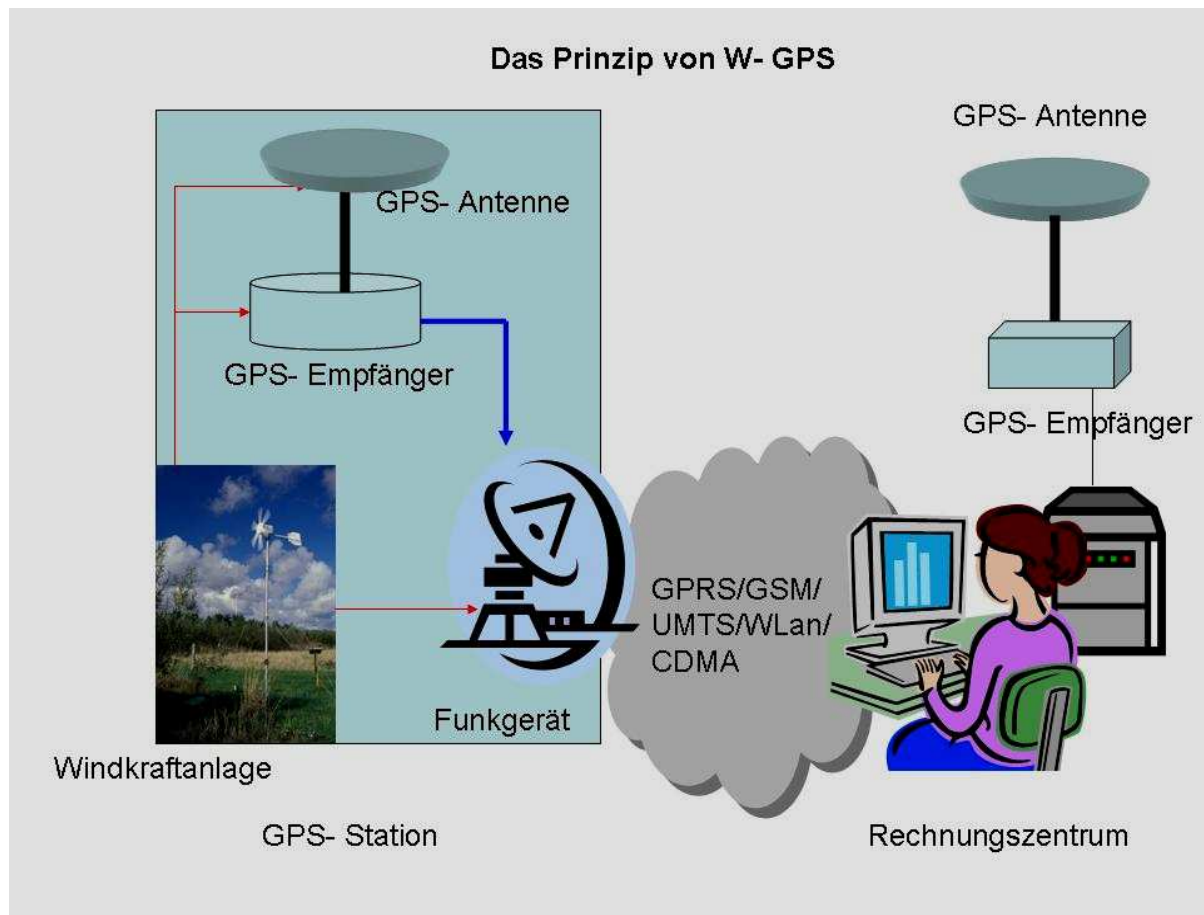


Abb.4-021: Prinzip von W-GPS

Das große Problem für W-GPS ist die Energieversorgung. Die auf der Überwachungsstation aufgestellten Geräte wie GPS-Empfänger, A-GPS-Antenne, Funkgerät etc. sollen ohne Personen aufbewahrt und dafür den Strom versorgt werden. Die Bioenergie kann diesen Anforderungen bedürfen. In 7.3.1. wurde solche Bioenergieversorgung genau beschrieben.

#### 4.16. Aided GPS

Aided-GPS bietet Time-Aiding und ist als ein spezifisches A-GPS zu betrachten. Diese Technik besteht aus zwei Komponenten, nämlich Mobilstation und Kontrollstation im Mobilfunknetz inklusive MLC (Mobile Location Center), MSC (Mobile Switching Center) / VLR (Visited Location Register), BSC (Base Station Controller), BTS (Base Transceiver Station) etc.. MLC kann die Assistenzinformation aus Ephemeriden bei der ständigen GPS-Beobachtung auf dieser Station für jede BTS spezifisch ausrechnen. Hier sind die Assistenzdaten die GPS-Zeit für das Netzwerk und die Liste der sichtbaren Satelliten für jede BTS. Manchmal gibt es auch Korrekturdaten aus DGPS. Diese Assistenzinformation wiederholt sich und ist gültig für 45 Minuten. Der Mobilfunk kann diese Daten speichern und nutzen. Mit der Zeitinformation können die GPS-Satelliten-Signale schnell akquiriert und die Code-Phasen gemessen werden. Bei mindestens vorliegenden 4 Code-Phasen werden diese zum MLC gesandt und die Position des mobilfunkgestützten Receivers wird dort berechnet [INTERNET 62] (Abb.4-022). Im Vergleich dazu kann A-GPS mehr Assistenzdaten zur

Verfügung stellen und der Nutzer kann seine Position auch auf der Mobilstation berechnen. Außerdem bietet A-GPS dem Empfänger auf der Mobilstation eine bessere Sensitivität.

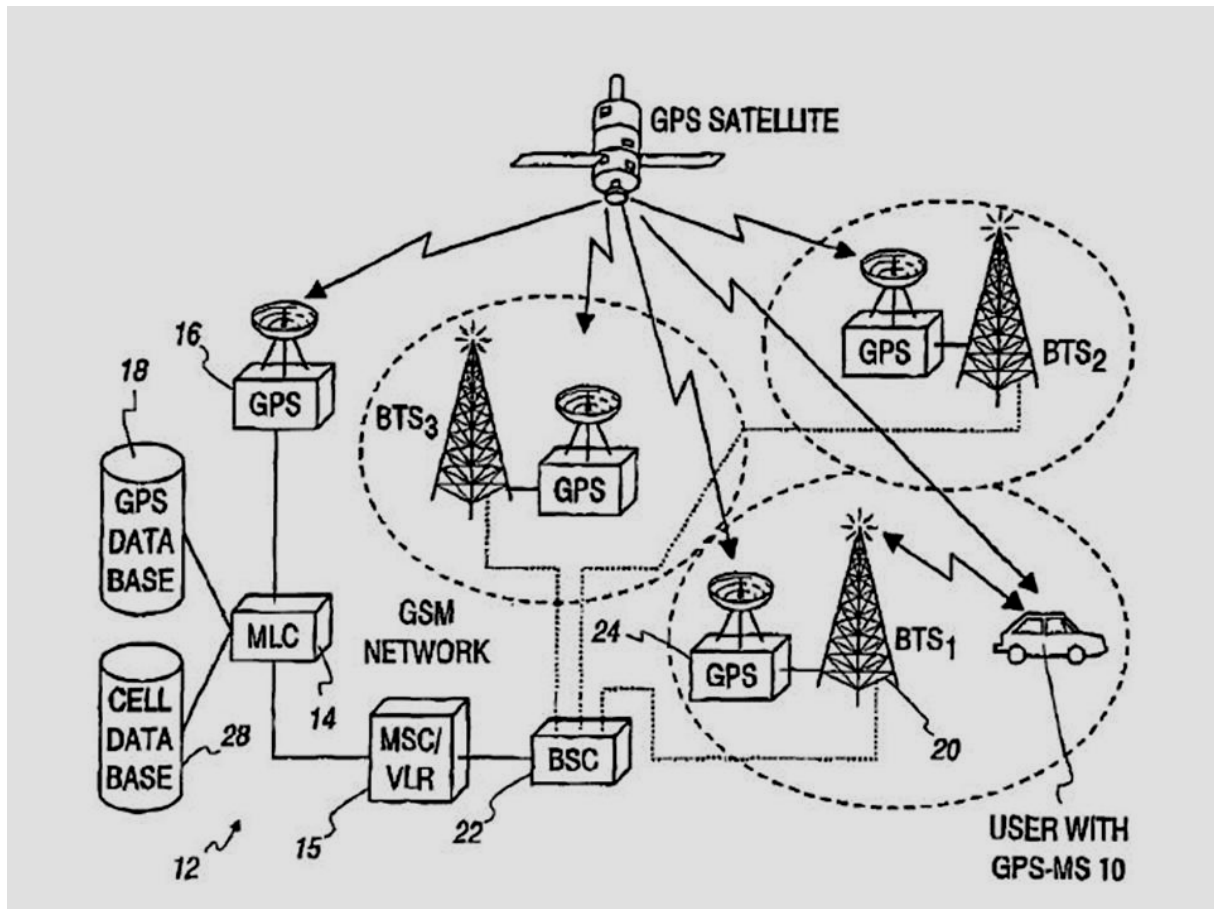


Abb.4-022: Prinzip von Aided-GPS [INTERNET 62]

## Kapitel 5. A-GPS auf dem Markt

Um die A-GPS-Technik zu entwickeln und die A-GPS-Anwendung zu ermöglichen, muss man über einen GPS-Chip mit hoher Sensitivität, ein Handy mit A-GPS-Funktion und einen A-GPS-Server verfügen. Auf dem Markt gibt es weltweit eine Reihe von Firmen, die unterschiedliche Produkte für A-GPS herstellen (Tab.5-001). In manchen Ländern ist die A-GPS -Technik bereits praxisreif.

A-GPS/HS-Komponenten	Firmen	Produkte	Anwendungsmodul
A-GPS Chipset	SiRF	SiRFstarIII, SiRFstarIIe/LP, SiRFstarII	HS
	Global Locate	STINGRAY System-In-Package AGPS Module Indoor GPS Chip Set	A-GPS/HS
	Infineon	Hammerhead Single Chip AGPS Solution	A-GPS/HS
	Qualcomm	gpsOne Solution for CDMA, z.B. MSM 7600, 7500,7200. gpsOne Solution for GSM, WCDMA, z.B.MSM7600, 7500, 7200.	A-GPS
A-GPS Handy	gpsOne/Snaptrack	z.B. Alltel CDMA9500, KDDI A3012CA, SK Telecom MS-150, KZ830/850/860/870 usw.	A-GPS
	Siemens	SX1, SXG75	HS
	Motorola	A920, A925, A835, A1000	HS
	Nec	Nec e616	HS
A-GPS Server	SiRF	SiRF Loc Server	HS
	Snaptrack	SnapSmart	A-GPS
	Global Locate	The Global Locate A-GPS Server	A-GPS/HS

Tab.5-001: Firmen mit A-GPS -Produkten am Markt (A Assisted, HS High Sensitivity)

### 5.1. Technische Möglichkeiten der Assistenz [WUNDERLICH et al., 2006]

#### 5.1.1. Allgemeines

Der prinzipielle Weg zur GPS-Positionsbestimmung mit schwachen Signalen liegt in der Aufteilung der Einzelprozesse auf das Empfangsgerät und eine unterstützende Basisstation, die über Mobilfunk miteinander verbunden sind. Die verschiedenen Methoden unterscheiden sich dann im Grad der externen Unterstützung, welcher von einfachster Assistenzleistung zur Akquisition bis zu komplexer Signalauswertung reicht. An den beiden Enden der Skala existieren heute Lösungen, die eine fast autarke Positionsbestimmung vor Ort oder eine zentrale Auswertung übermittelter Signalsequenzen mit Rücksendung des Lokalisierungsergebnisses zulassen. Aus Nutzersicht sind dabei einerseits die Kosten, andererseits die Anonymitätsbedürfnisse im Auge zu behalten. Wer in ein mit einem Hochleistungschip bestücktes Smartphone investiert, muss einmal eine größere Summe investieren und weiß dann seine Privatsphäre in einem Maß gewahrt, das dem der normalen Teilnahme am Mobilfunk nicht nachsteht.

Derjenige, der eine Abrechnung pro Ortungswunsch vorzieht, muss die Kosten der Datenübertragung und die Kenntnis des Lokalisierungsdienstes bedenken.

#### 5.1.2. Almanach- und Dopplerverschiebungsinformation

Betrachtet man die historische Entwicklung der GPS-Technik, so taucht die Idee der externen Unterstützung eines Empfängers bei der Positionsbestimmung schon recht früh auf. Einmal erkannte man rasch, dass man – insbesondere bei Empfängern mit wenigen Kanälen - den Vorgang der Akquisition beschleunigen kann, wenn man diesen die Information zuführt, nach welchen Satelliten bzw. welchen Signalen gesucht werden soll. Dazu muss allein eine Liste mit den aktuell für das Gebiet über dem Horizont liegenden Satelliten übermittelt werden. Wesentlich wirksamer stellt sich die zusätzliche Bereitstellung der zu erwartenden Dopplerverschiebungen heraus, weil sie den Suchraum bei der Code-Korrelation verkleinert. Beides ist durch Simulation zu prognostizieren.

Ein Ansatz, bei dem vor Ort nur die notwendigsten Operationen ausgeführt werden und die komplexe Auswertung der übertragenen Datensätze in einer Zentrale stattfindet, ist pionierhaft von der Firma *Navsys* entwickelt und für unterschiedlichste Anwendungen umgesetzt worden. Es handelt sich dabei um den *Tidget*-Sensor [BROWN 1992], der nur die Messung der Code-Phasen ausführt und diese zusammen mit Satellitenliste und Empfangszeitpunkt an eine Zentrale überträgt, wo die eigentliche Auswertung erfolgt. Der Sensor agiert als Transceiver, indem er Signale empfängt, vorverarbeitet und in einem Puffer solange speichert, bis sie mit (damals) geringer Übertragungsrate vollständig ausgesendet worden sind. Die grundsätzliche Idee findet sich auch heute wieder.

### 5.1.3. Ephemerideninformation

Ein A-GPS - fähiges Mobilgerät kann durch Einführung der Ephemeriden aus dem Wireless Network früher akquirieren und die Lokalisation der Satelliten sowie die Position des Mobilgeräts berechnen.

Letzteres wurde am Lehrstuhl für Geodäsie der TUM experimentell mit einem konventionellen Low-Cost-Empfänger *Garmin25LVS* und IGS-Ephemeriden untersucht [PREIS 2005]. Im Post-Processing konnte auf Basis von im Prüflabor des Lehrstuhls (erstes Kellergeschoß) aufgezeichneten Pseudostrecken die Empfängerposition im Bereich des TUM-Hauptgebäudes bestimmt werden. Mit entsprechend konditionierten Empfängern sind daher im Indoor-Bereich wesentlich genauere Ergebnisse (bis zu derzeit rund 20 m) zu erwarten, was in der Praxis bereits seine Bestätigung findet.

Unter Konditionierung sei hier verstanden, dass die Empfangseinheit auf die Verwendung der externen Bahndaten vorbereitet ist; solche werden von einem Anbieter [LUNDGREN et al. 2005] sogar hochgenau als aus dem Internet beziehbare LTOs (Long-Term Orbits) mit vier Tagen Gültigkeit angeboten (Kapitel 4.10), um die Datentransferkosten gering zu halten. In der Regel wird die Zufuhr von Bahndaten und der diversen Uhr- und Laufzeitkorrekturen gewählt, um eine Positionsrechnung im Empfänger selbst zu erreichen. Dies vermögen beispielsweise Hochleistungschips, die mit einer sehr hohen Zahl an Korrelatoren (bis zu 200.000) in Form von Suchmaschinen ausgestattet sind [GARIN et al.1999], um im Zeitbereich möglichst schnell (meist innerhalb einer Sekunde) die Korrelationspeaks zu finden und die Navigationslösung zu berechnen. Zur weiteren Erleichterung kann auch die Näherungsposition, z.B. aus der Cell-ID vorgehalten und einbezogen werden.

Eine andere Strategie [MOEGLEIN et al. 1998] strebt im Empfänger ausschließlich die Detektierung der spezifischen Korrelationspeaks zur Bestimmung der Pseudostrecken an. Unterstützend werden eine Satellitenliste und genäherte Dopplerfrequenzen zugeführt, um dann über eine Transformation in den Frequenzbereich die Codephasen resp. Pseudostrecken zu gewinnen. Dies geschieht unter Anwendung hochentwickelter Techniken der FFT/IFFT (Fast Fourier Transformation und Inverse FFT) bzw. der ACV (Autokonvolution), die auf ein



im Puffer gespeichertes GPS-Signaltupel (Snapshot) zugreifen (siehe auch Abschnitt 4.4.2). Die Messdaten werden an einen Location Server übertragen, der die weitere Auswertung übernimmt. Dabei kommen verschiedene Formen der Unterstützung zur Anwendung, z.B. in Form eines Digitalen Höhenmodells. Die Vorgehensweise hat ebenfalls erfolgreich unter Beweis gestellt, auch aus sehr schwachen Signalen Positionen produzieren zu können.

#### 5.1.4. Zeitinformationen

Besondere Vorteile lassen sich aus der Bereitstellung genauer Zeitinformation erzielen; hier sind allerdings Mobilkommunikationsnetze vom Typ GSM im Nachteil, weil diese präzise Zeitinformationen nur durch zusätzliche Einrichtung von GPS-Referenzstationen bewerkstelligen können. Anders ist dies in den in Asien und Nordamerika verbreiteten CDMA-Netzen, die für ihren Betrieb grundsätzlich eine hochgenaue, meist GPS-basierende, Zeithaltung betreiben müssen.

Im Feld des A-GPS stehen die Algorithmen im Frequenzbereich mit jenen im Zeitbereich in scharfer Konkurrenz. Die Entscheidung zwischen diesen wird der Markt nicht nur objektiv aufgrund der Effizienz und der Kosten treffen, sondern auch über die Bewusstseinsbildung, ob die Position vor Ort oder anderswo bestimmt wird. Letzteres ist unausweichlich an Informationsaustausch mit dem Netz gekoppelt. Es bietet auf der anderen Seite aber auch die Möglichkeit, Lokalisierungen nicht ausschließlich auf einer Methode aufzubauen, sondern hybrid und damit von der Verfügbarkeit her noch zuverlässiger zu gestalten.

#### 5.1.5. Entwicklung von A-GPS-Hardware

Es lässt sich jedoch international ein Trend erkennen, der auf die Fortschritte im Hardwarebereich setzt; die Zahl parallel verarbeitender Korrelatoren ist seit 1998 von 240 über 20.000 bis derzeit 200.000 hochgetrieben worden. Die Fachwelt wartet auf die anstehende Rekordmarke des *Hammerhead*-Chips der Arbeitsgemeinschaft *Global Locate / Infineon*, der schon als Development Kit verfügbar ist. Das Endprodukt soll durch die abgestimmte Kombination der RF- und GPS-Funktionen auf einem Chip einen zusätzlichen Vorteil erwirtschaften.

### 5.2. Lösungen von A-GPS auf dem Markt

#### 5.2.1. Qualcomm und SnapTrack

SnapTrack hat die Technik der Codekorrelation im Frequenzraum entwickelt, patentiert und bis zur Marktreife gebracht. Das Konzept beruhte damals auf der Auswertung der im Mobiltelefon gemessenen Codephasen in einem regionalen Location Server. Nach der Übernahme durch den internationalen Netzbetreiber Qualcomm (der in Deutschland ein Kurzgastspiel als Quam gegeben hat) wurde die Lösung in eine hybride Strategie eingebettet, die nun auch autonome Positionierungen zulässt. Der dazu notwendige kombinierte RF- und GPS-Chip *gpsOne* kann verschiedene Assistenzinformationen verarbeiten, darunter auch Echtzeit- GPS-Referenzdaten aus einem Wide Area Reference Network (WARN), so ein solches verfügbar ist. In großen Teilen Nordamerikas und Asiens, wo Qualcomm mit CDMA-Netzen vertreten ist, können bereits Millionen entsprechend bestückter Mobiltelefone LBS nutzen. Die Lösung ist inzwischen auch in GSM/UMTS-Netzen anwendbar; jedenfalls muss im Netz ein Server vorhanden sein, der mit der Position Determination Entity (PDE) software Snapsmart und einem GPS-Empfänger ausgerüstet ist.

Die mit *gpsOne* bezeichnete Lösung von Qualcomm integriert komplett die Lösung mit dem Qualcomm-MSM (Mobile Station Modem) Chipset, ohne die zusätzliche Hardware und Software fürs mobile Netzwerk und Endgerät einzubauen [QUALCOMM<sup>1</sup>], damit die cost-

effective und space-effecient sowie für die meisten Umgebungen geeigneten A-GPS- Services für die 3G- Endgeräte angeboten werden können.

Die Eigenschaften von gpsOne sind [QUALCOMM<sup>2</sup>]:

- Unterstützung der Wireless-Standards von CDMA/1xEV-DO/1xEV-DO REv.A und WCDMA(UMTS)/GPRS/GSM/EDGE/HSDPA,
- Sensitivität von -155 bis -160dBm,
- Genauigkeit 5-15 Meter,
- TTFF 2-20 Sekunden,
- Tracking- und Navigationsfunktion,
- Unterstützung von Control Plane und User Plane,
- Unterstützung der hybriden Lösung,

Vier Positionierungsmodi:

- Standalone,
- MS-Based,
- MS-Assisted,
- MS-Assisted/Hybrid.

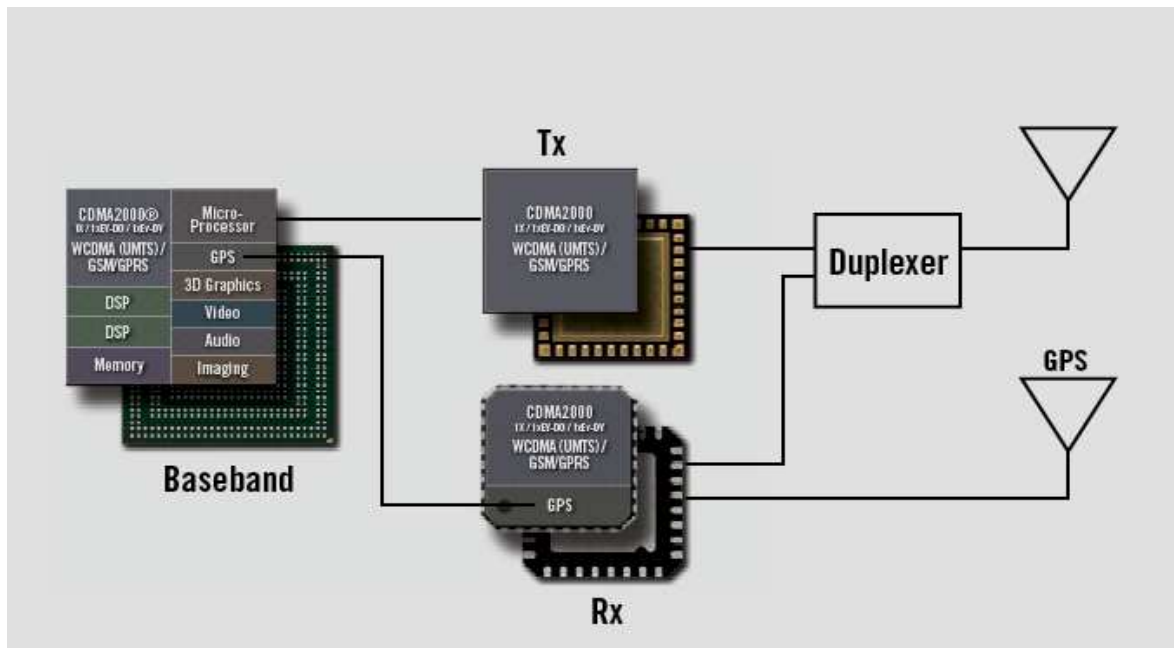


Abb.5-001: gpsOne Chipset Architektur [QUALCOMM<sup>2</sup>]

Das gpsOne-Chipset benutzt die Anwendungsplattform BREW (siehe Kapitel 8) und Java sowie WAP( Wireless Application Protocol). Außer der A-GPS-Software gibt es noch Software für Multimedia, z.B. 3D Grafik, Video, Audio und Bildverarbeitung. Das Schaltschema von gpsOne A-GPS ist sowohl in MSM(Mobile Station Modem) für Kommunikation als auch in Qualcomm RF eingesetzt worden (Abb.5-001).

Für eine derartige Lösung kann keine zusätzliche separate GPS-Baseband oder RF eingesetzt und radikal an Kosten, Energie und Baugröße gespart werden.

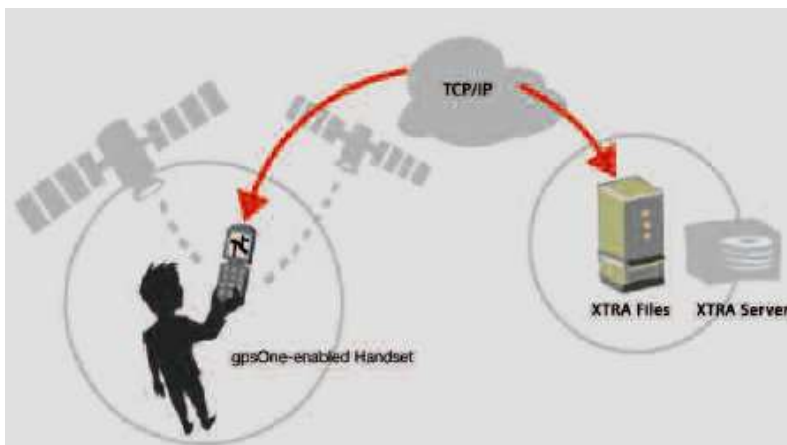
Qualcom hat zahlreiche Chipsets mit Unterstützung von gpsOne(Tab.5-002) entwickelt, diese haben auch in verschiedenen Ländern Verwendung gefunden, z.B. in USA, Kanada, Mittelamerika, Südamerika, Japan, Südkorea, China, Thailand.

QUALCOMM CHIPSETS WITH INTEGRATED gpsOne SUPPORT						
PLATFORMS						
Value	MSM6050™ ■ CDMA2000 1x					
Multimedia	MSM6100™ ■ CDMA2000 1x	MSM6300™ ■ CDMA2000 1x/ GSM/GPRS				
	Single-Chip 1X* ◆▲● CDMA2000 1x	MSM6125™ ◆▲● CDMA2000 1x	MSM6500™ ◆◆▲● CDMA2000 1x/EV-DO/ GSM/GPRS	MSM6250™ ◆▲ MSM6250A™ WCDMA (UMTS)/ GSM/GPRS	MSM6255A™ ◆▲● WCDMA (UMTS)/ GSM/GPRS/EDGE	MSM6260™ ◆▲● WCDMA (UMTS)/ HSDPA/GSM/ GPRS/EDGE
Enhanced	MSM6150™ ◆◆▲● CDMA2000 1x	MSM6550™ ◆◆▲● CDMA2000 1x, 1xEV-DO, GSM/GPRS	MSM6800™ ◆◆▲● CDMA2000 1x, 1xEV-DO Rel. 0 & Rev. A, GSM/GPRS	MSM6275™ ◆◆▲● WCDMA (UMTS)/ HSDPA/GSM/ GPRS/EDGE	MSM6290™ ◆◆▲● WCDMA (UMTS)/ HSDPA, GSM/GPRS/ EDGE	
Convergence	MSM7200™ ◆◆▲● WCDMA (UMTS)/ HSDPA, GSM/ GPRS/EDGE, HSUPA	MSM7500™ ◆◆▲● CDMA2000 1x, 1xEV-DO Rel. 0 & Rev. A	MSM7600™ ◆◆▲● CDMA2000 1x, 1xEV-DO Rel. 0 & Rev. A, WCDMA (UMTS)/HSDPA,GSM/ GPRS/EDGE			

**A-GPS Type** ■ Shared RF Chain ◆ Enhanced Navigation Support ▲ Simultaneous GPS and Voice ● Enhanced GPS Satellite Search  
 MS-Assisted and MS-Based Modes  
 Standalone, MS-Assisted and MS-Based Modes

Tab.5-002: Qualcomm Chipsets mit Unterstützung von gpsOne [QUALCOMM<sup>2</sup>].

Mit siebentägigen genauen Almanachen erhöht sich die Funktion von standalone A-GPS mit



gpsOneXTRA Assistance drastisch. Mit gpsOneXTRA benötigt man keinen lokalen A-GPS-Server, sondern erhält direkt mit Extra-Server von Qualcomm durchs Internet per TCP/IP die Assistenzdaten wie siebentägige Almanache [QUALCOMM<sup>3</sup>] (Abb.5-002).

Abb.5-002: Prinzip von gpsOnextra Assistance [QUALCOMM<sup>3</sup>]

Vorgehensweise von gpsOneXTRA Assistance:

- Mobilfunkgerät mit gpsOne Chip über Internet (PC oder Wireless Network) mit Extra-Server kontaktieren,
- Mobilfunkgerät lädt die Assistenzdaten von siebentägigen Almanachen herunter, die Daten werden automatisch entpackt,
- Position rechnen.

### 5.2.2. Global Locate

Das selbstständige Unternehmen Global Locate hat seit jeher auf Assistenz durch externe Ephemeridenzufuhr und den massiven Einsatz parallel arbeitender Korrelatoren zur Peak-Detektierung im Zeitbereich gesetzt. Dazu wurde eigens ein weltweites Netz permanent trackender GPS-Referenzstationen (WWRN) aufgebaut, das die entsprechenden Informationen generiert und liefert. Um Kosten und Aufwand für den Datentransfer einzusparen, sind die - für vier Tage präzise prädierten - Bahndaten (LTO) inzwischen

vorab aus dem IT beziehbar. Während das WWRN als firmenseitig vorgehaltene Infrastruktur anzusehen ist, muss das jeweilige Mobilkommunikationsnetz regional mit spezifischen A-GPS-Servern bestückt werden. Die Mobiltelefone müssen ihrerseits über einen leistungsfähigen GPS-Chip des Typs Suchmaschine verfügen; dieser ist bislang von Cytech bezogen worden und enthielt 20.000 paralleler Korrelatoren. Der Nachfolger aus dem Hause Infineon ist bereits unter dem Name Hammerhead in Deutschland angekündigt und wird die RF- und GPS-Funktionen auf einer Plattform integrieren.

### 5.2.2.1. Hybrid Positioning Module (HPM) mit Rosum TV-GPS und A-GPS-Chip Hammerhead

Die TV-GPS Technik stammt von der amerikanischen Firma Rosum. Wegen der Schwäche von GPS-Signalen in Städten oder im Gebäude hat die Firma eine Positionierungstechnik mittels in den USA mit einer Anzahl von ungefähr 2800 weit verbreiteten digitalen TV-Sendestationen entwickelt. Die digitalen TV-Signale, deren Leistung bis zu 1000 KW reicht, sind mehr als 2000fach stärker als die GPS-Signale, die nur 500W aus GPS-Satelliten aufweisen [ROSUM 2004a].

#### TV-Positionierung:

Die Eigenschaft digitaler TV-Signale kann man wie bei der Code-Messung mit GPS-Signalen nutzen und durch Korrelation die mindestens drei Pseudostrecken zwischen RTMM-Empfänger und TV-Signal-Transmitter messen. Damit lassen sich Länge und Breite des Notrufers errechnen, nicht aber die Höhe. Das patentierte Prinzip wird in [RABINOWITZ et al.] erklärt. Um die genaue Position von RTMM-Empfänger ausrechnen zu können, muss eine präzise Zeitinformation für Code-Transformation vorher ermittelt werden. So spielt Aided-GPS eine wichtige Rolle und kommt für TV-GPS in die Frage.

#### Vorgehensweise von TV-GPS:

Wie in der Abb.5-003 gezeigt, werden die GPS-Signale und die TV-Signale von einer Monitor Unit beobachtet, die Zusatzdaten der Zeitinformation berechnet und zum Location Server gesandt [MARTONE 2005]. Das heißt, für ein einfaches TV-GPS-System wird das GPS die genauen Zeitinformationen liefern. Das RTMM (Rosum TV Measurement Module) empfängt die TV-Signale und die Aiding Data und berechnet die Pseudostrecken. Die Positionsrechnung wird im Location Server vorgenommen.

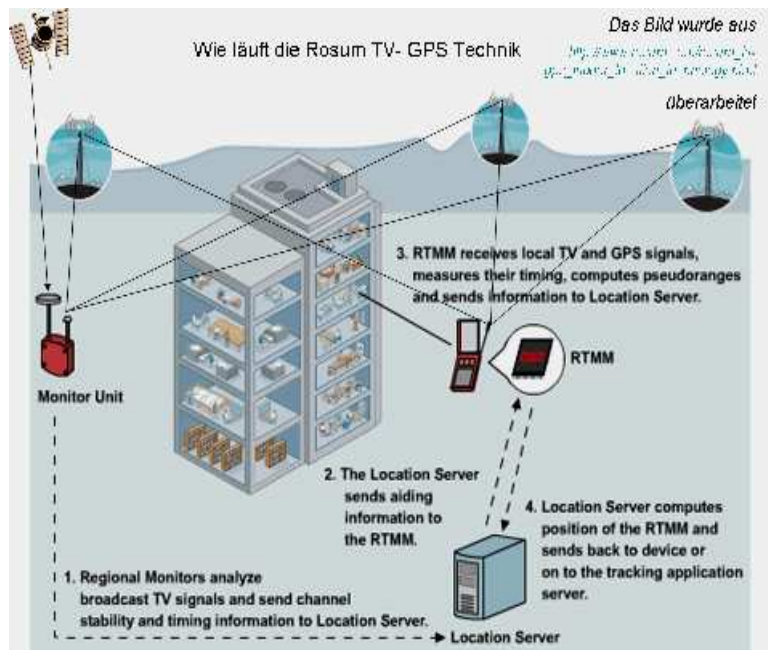
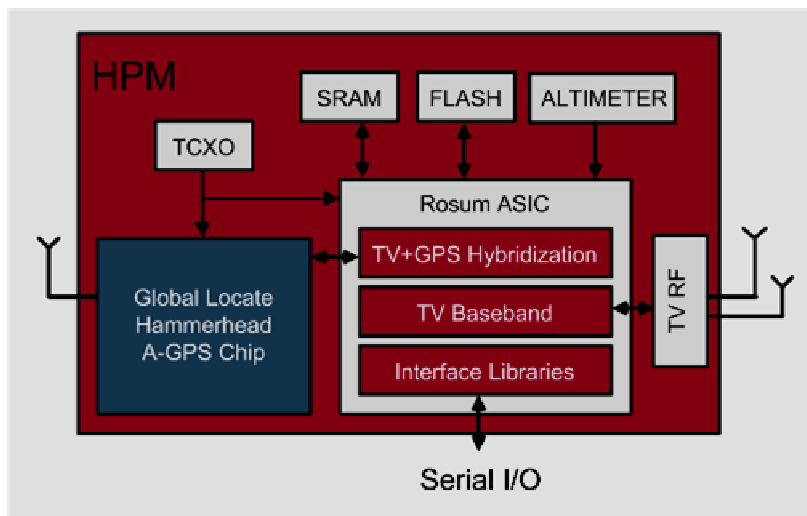


Abb.5-003: Verlauf von TV-GPS [MARTONE 2005]

#### Hybrid Positioning Module mit Rosum TV-GPS und Hammerhead Chip:

Das Rosum TV-GPS HPM integriert die TV-basierte Positionierung mit Global Locate's Hammerhead A-GPS Chip, um die Positionierung in jeder Umgebung, wie Indoor, Outdoor, Urban und Rural zu ermöglichen und die dritte Dimension zu ergänzen [ROSUM 2004b].

Das Gerät für PHM kann durch den Hammerhead Chip die schwachen GPS-Signale und die TV-Signale durch das TV-Baseband gleichermaßen empfangen (Abb.5-004). Der



Lokalisierungsserver kann die Assistenzdaten für den Hammerhead und die TV-Signalverarbeitung zur Verfügung stellen. Bei diesem Modul kann meistens die Positionierung im Indoor mit TV-Signalen ausgewertet werden [ROSUM 2004c].

Abb.5-004: Baseband von Rosum HPM [ROSUM 2004c]

### 5.2.3. SiRF

Die Hochleistungschips des ebenfalls unabhängigen Herstellers SiRF haben bereits breiten Eingang in die Praxis der mobilen Positionierung gefunden. Mit derzeit 200.000 Korrelatoren hat das aktuelle Produkt SiRFstarIII ein Niveau erreicht, das den Übergang vom A-GPS zum HS-GPS mit völlig autonomer Ortungskapazität und damit Nutzung in netzunabhängigen Geräten wie PDAs vorzeichnet. Schon der Vorläufer war in den ersten GPS-tüchtigen Mobiltelefonen von Motorola eingebaut. Die Empfindlichkeit der Signalverarbeitung und Promptheit der Ortsbestimmung kann trotzdem zusätzlich durch spezifische Software für Endgeräte und Mobile Location Centers über Funktionalitäten des A.GPS weiter gesteigert werden. Dazu ist als regionale Infrastruktur ein SiRFLoc-Server im Netz zu installieren.

Die Tests durch HS Empfänger mit SiRFstarII (1920 Korrelatoren) und SiRFstarIII (200.000 Korrelatoren) wurden an der Universität der Bundeswehr München in einer geodätischen Messkuppel durchgeführt. Das Evaluierungspaket umfasst außer dem Chipset die High-Sensitivity-Software „XTrac“ und die Software SiRFDemo, die Navigationslösungen unter Windows berechnet, die Daten loggt und in Echtzeit visualisiert [EISFELLER et al. 2005b]. Tab.5-002 und Tab.5-003 stellen jeweils die Akquisitionszeit und die Standardabweichungen für SiRFstarII und SiRFstarIII dar. Signalstärke und Genauigkeiten von SiRFstarIII sind im Gebäude deutlich besser als bei SiRFstarII und auch sind die TTFF beim Warmstart kürzer als beim Kaltstart. Die Genauigkeiten von SiRFstarIII sind natürlich auch allgemein besser als von SiRFstarII.

Kriterium	Minimales C/N <sub>0</sub> [dBHz]	
	SiRFstarII	SiRFstarIII
Tracking	15	11
Akquisition nach Warmstart	21	17
Akquisition nach Kaltstart	31	27

Tab.5-003: Minimales C/N<sub>0</sub> für Tracking und Akquisition [Eisfeller, 2005b]

Empfänger	3D(m)	Breite(m)	Länge(m)	Höhe(m)
SiRFstarII	27.85	14.53	7.00	22.71
SiRFstarIII	25.85	14.57	4.80	20.81

Tab.5-004: Standardabweichungen der Navigationslösungen [Eisfeller, 2005b]

### 5.2.4. eRide

Die amerikanische Firma eRide hat eigene eRide Produkte für die Advanced Positioning technology mit Zielsetzungen wie Automobiltracking, E911-Tracking sowie Personenlokalisierung und Tracking in beliebiger Umgebung entwickelt. Die Produkte bestehen aus einem hoch empfindlichen A-GPS-Chipset und Serversoftware. Das Chipset wird für die DSP-based A-GPS-Lösung (siehe 4.4.2) ausgeführt und verfügt über eine hohe Sensitivität bis -167 dBm mit TTF von 1-2 Sekunden nach Firmenangaben. Deshalb arbeitet dieses Chipset im Indoor- und Urbanbereich durch Unterstützung vom eRide-Server mit GPRS oder Digitalradio wie per Format NMEA (National Marine Electronics Association). Als separates A-GPS-Chipset würde es mit anderen Geräten wie. z.B. Wireless Phone, PAD oder Laptop integriert werden. Interessanterweise kann ein sehr kostengünstiger A-GPS-Empfänger mit diesem Chipset in einem kleinen Ball oder Spielzeug eingesetzt werden und mit RFID Technik ohne Batterien die Beobachtungen von GPS-Satelliten zu einem Endgerät, wie. z.B. Mobiltelefon oder PDA mit digitalen Karten, transportieren und die Positionen dort anzeigen. Im Vergleich mit anderen Firmenlösungen ist eRide der häufigste MS-Based Mode.

### 5.2.5. Blue Sky Positioning - GPS SIM

Das Unternehmen BlueSky Positioning Ltd (UK) ist in 2005 gegründet worden und zielt auf die Entwicklung der neuen Positionierungstechnologie und Services für GSM und 3G Mobilfunknetze ab. Dieses Unternehmen hat eine SIM-Karte vorgestellt, auf der ein GPS-Empfänger samt Antenne integriert ist. Mit der Lösung könnten Telekom-Betreiber standortbasierte Dienste anbieten, ohne dass der Kunde auf ein GPS-Handy aufrüsten muss. A-GPS SIM funktioniert mit GSM- und 3G-Standard und braucht keine zusätzliche Hardware oder Software [INTERNET 51]. Das Unternehmen kooperiert mit Motorola, um künftig GPS-unterstützte Dienste anbieten zu können. Bis Juni will der Hersteller in England erste Produktionsmuster ausliefern [INTERNET 52].

Der große Vorteil für Mobilfunkbetreiber ist, dass die LBS-Dienste sofort angeboten werden können ohne darauf warten zu müssen, bis die Verbreitung von GPS-Handys die kritische Masse erreicht [INTERNET 51].

## 5.3. Markttendenzen

Zu den obigen exemplarisch ausgewählten Lösungen treten in den letzten Jahren und Monaten immer neue hinzu, wie etwa eRide, u-blox mit Antaris, TruePosition, Navsync und NEC (siehe Anlage01). Auch wenn diese ihre Geschäftsinteressen momentan hauptsächlich außerhalb Deutschlands konzentrieren, so bilden sie ein deutliches Zeichen dafür, dass die Marktentwicklung für mobile Ortungswünsche Tritt gewinnt.

## 5.4. A-GPS in Deutschland

Die Entwicklung der 3GPP Kommunikationstechnik hat die A-GPS-Technik in Deutschland sowie in Europa schon in einer gewissen Zeit schnell vorangetrieben. Im Jahre 2003 hat die Siemens AG mit der amerikanischen Firma Qualcomm, die moderne Mobilfunkchips für 3G-Geräte herstellt, zusammengearbeitet [TRIMBLE 2002] und danach bereits einige Modelle von Handys hergestellt und auf den Markt gebracht. Adolf (2004) stellte das Siemens Handy SX1 (Abb.5-005) mit A-GPS-Funktion vor. Darin findet sich auch die folgende Information: „Sobald die Ingenieure von Siemens einen Diebstahl bemerkten, begannen sie damit, dienstliche Nachrichten in Form von versteckten SMS an den Prototypen zu senden, auf die das SX1 dank A-GPS mit seinen aktuellen Koordinaten antwortete“ (Ende Zitat). Unter normalen Umständen müsste der Nutzer eines solchen Geräts erst seine Zustimmung für den Versand von Positionierungsinformationen geben, der Prototyp konnte aber völlig



ungehindert und vor allem unbemerkt seinen Erbauern Informationen über seinen Aufenthaltsort übermitteln. Über die Chipsets im Handy und weitere Services wurde nichts bekannt, da Siemens die Sparte Mobilfunk im Jahre 2006 eingestellt hat.

Abb.5-005: SX1 mit A-GPS

In [MURTAZIN 2006] wurde das Siemens 3G-Handy SXG75 (Abb.5-006) mit dem Chip MSM6250 vorgestellt. Hierin erklärt der Hersteller, dass dieses Handy ein echtes A-GPS-Gerät sei, aber dieser GPS-Chip sei weniger empfindlich als bei einem normalen GPS-Empfänger. Dieses Handy sei somit nur geeignet für Wanderungen über Land, nicht in einer Stadt oder einem Fahrzeug, auf keinem Fall innerhalb eines Gebäudes. Das bedeutet, dass in diesen vom Autor genannten Fällen keine Assistenzdaten zugeführt und verwendet worden sind. Der MSM6250-Chip benutzt die gpsOne-Technik [BERNAS 2004] und wenn die Assistenzdaten zugeführt werden, kann dieses Handy in einem Auto oder sogar im Gebäude funktionieren. Leider gibt es bis heute noch keinen Mobilfunkanbieter in Europa, genauer gesagt in Deutschland, der Services wie Assistenzdaten für A-GPS-Handys zuliefern kann (bis März 2007). Die nötige Infrastruktur fehlt völlig.



Eine neue SUPL-basierte A-GPS Lösung würde nach Angaben aus den Siemens-Presenachrichten im dritten Quartal 2006 geliefert. Bisher gibt es jedoch noch keine solchen Produkte von Siemens auf dem Markt (siehe oben).

Abb.5-006: SXG75 mit A-GPS

eRide ist eine amerikanische Firma, die Halbleiter Chips und Module entwickelt und vermarktet, welche in GPS/Galileo-Satellitenempfängern eingesetzt werden. Das Ergebnis ist eine dreidimensionale Standortbestimmung des Empfängers. Schwerpunkt der Entwicklungen ist, höchste Empfindlichkeit zu erreichen. Das jüngste Produkt erlaubt gemessene -161 dBm [ERIDE 2006]. 2006 hat eRide eine Niederlassungsfirma in München gegründet [WOO 2006]. In Zusammenarbeit mit eRide Inc. hat eRide Europe GmbH ein System entwickelt und patentiert, welches die TTFF auf Sekunden reduziert. Es steigert zudem die Empfindlichkeit des Empfängers, sodass auch Messungen in geschlossenen Räumen ermöglicht werden. Näheres über eRide findet man auch im Kapitel 5.2.4 dieser Arbeit.

Die Firma Motorola hat auch einige Modelle von Handys mit A-GPS-Funktion entwickelt, z.B. Moto. A835, A920, E1000 usw. Wegen des Mangels an entsprechenden Mobilfunkdiensten für A-GPS in Europa hat Motorola gezögert, die weitere Entwicklung von A-GPS-Handys in Europa durchzuführen [MURTAZIN 2006].

Von Nokia Deutschland ist soeben ein neues Modell mit vielfältigen Funktionen auf den Markt kommen. Dieser Nokia 6110 Navigator [BLOHMANN 2007] bietet ein integriertes 3D-GPS-Navigationssystem mit Sprachunterstützung und regionalen Karten, die auf der im Lieferumfang enthaltenen Speicherkarte vorinstalliert sind. Dieses Handy unterstützt die A-GPS- und OMA SUPL- sowie entsprechende 3GPP-Standards. Es wird in folgenden Mobilfunknetzen funktionieren:

- UMTS-Netze(WCDMA 2100) mit HSDPA-Technik
- GSM850/900/1800/1900-Netze
- HSDPA(High Speed Downlink Packet Access) mit Datenübertragungsraten von bis zu 3.6 MBit/s
- GPRS/EGPRS Klasse B, Multilot-Klasse 32



- Sprach-Codes-Unterstützung für NB-AMR, AMR (Adaptive Multi-Rate), RF und ERF.

Abb.5-007: Nokia 6110 mit A-GPS [BLOHMANN 2007]

Das Gerät unterstützt den Dienst A-GPS zur schnelleren Positionierung. Gegen Gebühren wird eine Paketdatenverbindung durch IP/TCP von Standard SUPL benutzt. Die Unterstützungsdaten werden nur dann vom Server des Nokia A-GPS-Dienstes abgerufen, wenn es erforderlich ist. Beim erstmaligen Verwenden der GPS-Funktion müssen Sie einen Zugangspunkt festlegen oder auswählen, um A-GPS benutzen zu können. Danach wird A-GPS bei Bedarf automatisch verwendet, sofern die A-GPS-Methode nicht deaktiviert ist. Beispielsweise wird automatisch die Verbindung zum A-GPS-Dienst hergestellt, wenn die integrierte GPS-Funktion mehr als zwei Stunden ausgeschaltet war [NOKIA<sup>1</sup>]. Aber welche Assistenzdaten, welcher A-GPS-Chip sowie dessen Merkmalen wie z.B. Modi, Sensitivität und TTFF werden vom Hersteller nicht veröffentlicht. Trotzdem ist das der erste Dienst von A-GPS in Deutschland.

Der Münchener Hersteller Infineon entwickelt zusammen mit dem US-Unternehmen Global Locate einen Chip, mit dem die Positionierung mittels Handy oder PDA viel leichter, platz- und vor allem energiesparender werden soll.

Die A-GPS-Lösung mit diesem single Chip bezeichnet man als Hammerhead PMB2520. Dank der optimalen Architektur (Abb.5-008) wie z.B. der Zusammenfügung der beiden Softwares von SGPS und LBS in nur einer host CPU verfügt der Hammerhead Chip über einen Hochleistungsprozessor für die A-GPS-Lösung, ein low-noise GPS RF-Front-End zur Bereitstellung höherer Empfindlichkeit des Empfängers bis zu -160dBm, wesentlich weniger Stromverbrauch und rasche TTFF (Time to First Fix) bis zu 1s im MS-basierten Modus [INFINEON 2005].

Der Chip unterstützt die vier verschiedenen Modi:

- MS-Based
- MS-Assisted
- Autonomous
- Enhanced Autonomous (Assistenzdaten für vier Tage)

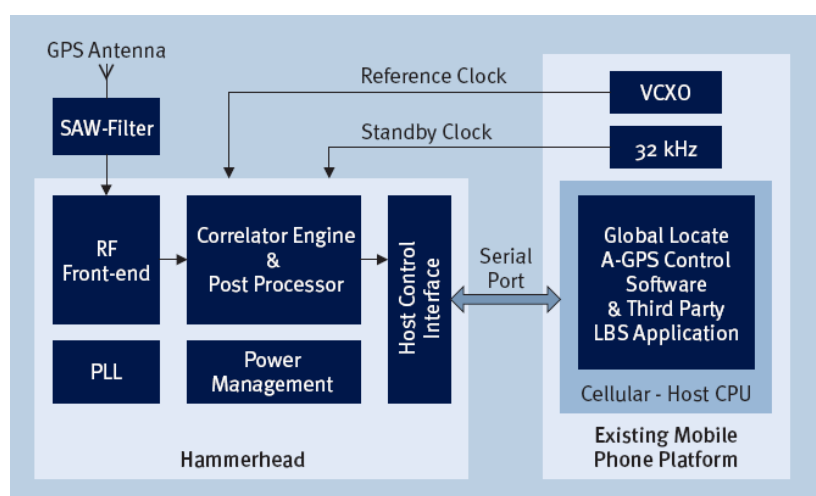


Abb.5-008: Block Diagramm vom Hammerhead [INFINEON 2005]

Zwei Operationsprotokolle von der Control Plane (RRPL) und der User Plane (SUPL) werden in den Anwendungen eingesetzt. Die Standards für die Assistenzdaten sind MTS/GSM und CDMA. Der Chip mit der Größe von  $7 \times 7 \text{ mm}^2$  kann bald in Mobiltelefonen, Pocket-PCs sowie Laptops Verwendung finden.



## 5.5. A-GPS in Österreich

Der österreichische Mobilfunkbetreiber 3 hat das Produkt 3Geo für die Positionierung von Handys entwickelt. A-GPS, Routenplaner und Pannenhilfe werden in einem Gerät integriert. Das intelligente Navigationssystem bringt den Benutzer zum nächsten Restaurant, Kino, Taxi- oder Würstelstand, weiß über aktuelle Verkehrsmeldungen Bescheid und findet die billigste Tankstelle in seiner Nähe [3GEO 2004]. Um einen Einblick in die A-GPS Lokalisierung zu gewinnen, wurde eine Simulationsortung mit einem Motorola A920 (Abb. 5-009), bei dem die A-GPS-Funktion schon integriert ist, mit der Unterstützung von Hutchison 3G Austria durchgeführt. „3“ liefert die Komplettlösung „3Geo“ [SCHERL 2004].



Abb.5-009: A920 in Wien [SCHERL 2004]

3Geo ist die Plattform in der 3er Zone, die für die Ortung zuständig ist. Mit GeoMap kann man sich exakt mittels A-GPS oder etwas ungenauer per Antennenkreuzpeilung lokalisieren lassen. Das heißt, dieser Lokalisierungsservice ist eine hybride Methode. Die Indoor-



Abb.5-010: 3Geo mit Karte [SCHERL 2004]

Lokalisierung kann auch via Kreuzpeilung realisiert werden, wenn kein A-GPS-Empfänger vorhanden ist. 3Geo nutzt intensiv die Daten von Straßenkarten (Abb.5-010) und diese Karten können bis 29.02.2004 mit den gesamten 3 - Services völlig kostenlos benutzt werden [SCHERL 2004]. Dieser Test zeigt, dass die A-GPS-Technik in Österreich schon Verwendung gefunden hat. Außer diesem Test ist aber seither nichts weiter über Anwendungen bekannt geworden.

## 5.6. A-GNSS in der Schweiz --- u-blox [BOSEN, 2006; U-BLOX 2007<sup>1,2</sup>]

U-blox ist eine schweizerische Firma für die Herstellung von GPS/Galileo-Modulen und Technologien, wie z.B. Navigation, automatische Lokalisation von Verkehrsfahrzeugen, Sicherheitslösungen, LBS, Zeitinformationen und Vermessung usw. Entsprechend gibt es zahlreiche Produkte wie z.B. GPS Chipsets, GPS Module, GPS-Empfänger, GPS-Kleinantennen, GPS-Zubehör usw. U-blox hat eine innovative A-GPS Gesamtlösung mit verschiedenen Dienstleistungspaketen eingeführt. Das A-GPS Gesamtsystem, genannt AssistNow™, ermöglicht eine sofortige Positionsbestimmung sogar unter erschwerten Empfangsbedingungen. Das Produkt- und Dienstleistungspaket beinhaltet die notwendige Hardware und Software und wurde bereits für Kunden weltweit bereitgestellt. Ein weltumspannendes Netz von GPS-Empfängern (genannt "AssistNow™ Global Reference Network") empfängt die Daten von den Satelliten und überträgt diese an den AssistNow™ Root Server (Abb.5-011). Dieser stellt die Aiding-Daten auf Anfrage für die Endgeräte bereit. Für die Endgeräte ist lediglich der Zugang zu einem TCP/IP-fähigen Mobilfunknetz notwendig, z.B. GSM/GPRS, CDMA oder UMTS unter Verwendung der User-Plane-Kommunikation. U-blox bietet die Server, die passenden GPS-Empfänger für die Endgeräte sowie die Aiding-Daten, die vom Globalen Referenznetz kommen, an. Das AssistNow™

Gesamtsystem ist ein komplettes, unkompliziertes und skalierbares System zur sofortigen Positionsbestimmung, welches sich für jede Unternehmensgröße eignet.

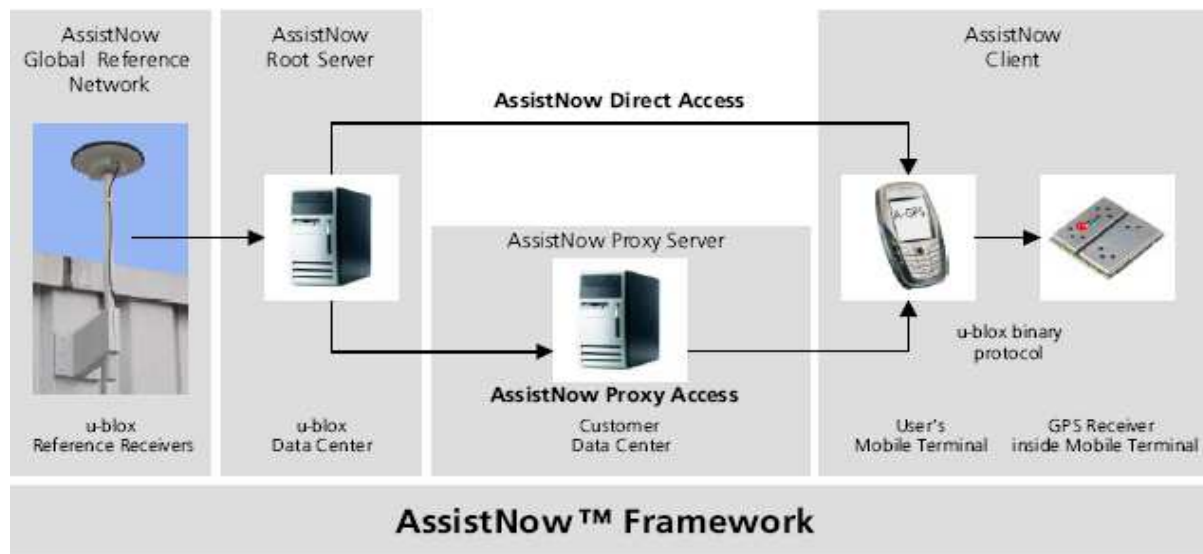
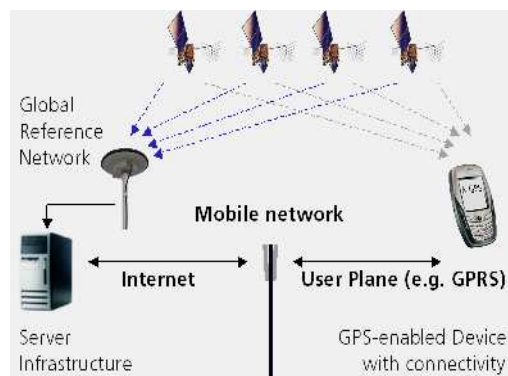


Abb.5-011: AssistNow™ Framework [BOSEN 2006]

Das Produkt von AssistNow™ beinhaltet zwei Lösungen, nämlich AssistNow™ Online und AssistNow™ Offline.

AssistNow™ Online:



Durch die User Plane können die Endgeräte wie Handy oder PDA mit dem u-blox A-GPS-Chipsets von Online A-GPS Solution mit dem Protokoll von TCP/IP die Assistenzdaten wie Almanach, Ephemeriden und Zeitinformationen, die bereits durch das Global Reference Network gesammelt, bearbeitet und im Root Server gespeichert wurden, erhalten und sekundenschnell die Position im Outdoor- und auch moderatem Indoor-Bereich auswerten (Abb.5-012).

Abb.5-012: Struktur von AssistNow™ Online [U-BLOX 2007<sup>1</sup>]

AssistNow™ Offline:

Durch die Einführung von 14 Tage gültigen Almanachs in Form des Produkts AlmanacPlus (Abb.5-013) aus u-blox kann ein u-blox A-GPS-Empfänger die TTFF bis in den Sekundenbereich absenken und die Positionen ohne Verbindung zwischen Endgerät und u-blox-Server genau auswerten. Hierfür existieren zwei Dienste:

- Free Service:** Der täglich einmal neu aufgelegte Almanach kann bis zu einer Gültigkeit von 10 Tagen benutzt werden;
- Premium Service:** Der täglich dreimal wieder aufgelegte Almanach kann bis zu einer Gültigkeit von 14 Tagen benutzt werden.

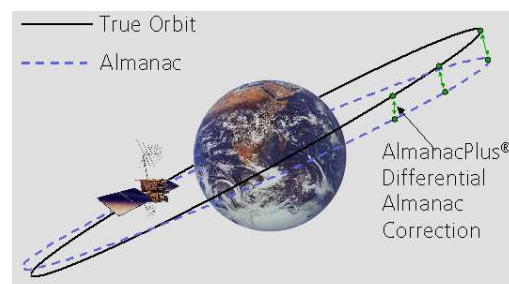


Abb.5-013: AlmanachPlus von u-blox [U-BLOX 2007<sup>2</sup>]

Jetzt kommen schon die echten A-GNSS-Chips u-blox 5 auf den Markt. Diese Chips verfügen neben den Merkmalen von A-GPS-Chips wie z. B. TTFF von 1 Sekunde, Indoor-Sensitivität von -160 dBm etc. noch über die Bereitstellung von Galileo-Signalen.

### **5.7. A-GPS in China.**

In China hat der Mobilnetzbetreiber Unicom mit Qualcomm zusammengearbeitet und ein System mit dem hybriden A-GPS-Chipset gpsOne entwickelt. Mit den CDMA IS-95 1X-Standards können die Handys wie Kyocera KZ830/KZ850/KZ860/KZ870 und Motorola A860 die grundlegenden A-GPS-Funktionen ausführen.

Im Jahre 2003 hat Unicom China in Kooperation mit Qualcomm China die Services von U-Map, auf Deutsch PositionStar, in Peking, Shanghai und Tianjin entwickelt. Zurzeit wird diese Technik schon in ganzem China vertrieben (siehe auch Kapitel 9).

## Kapitel 6. A-GPS bzw. A-GNSS Anwendungen

### 6.1. Ortung und Navigation

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

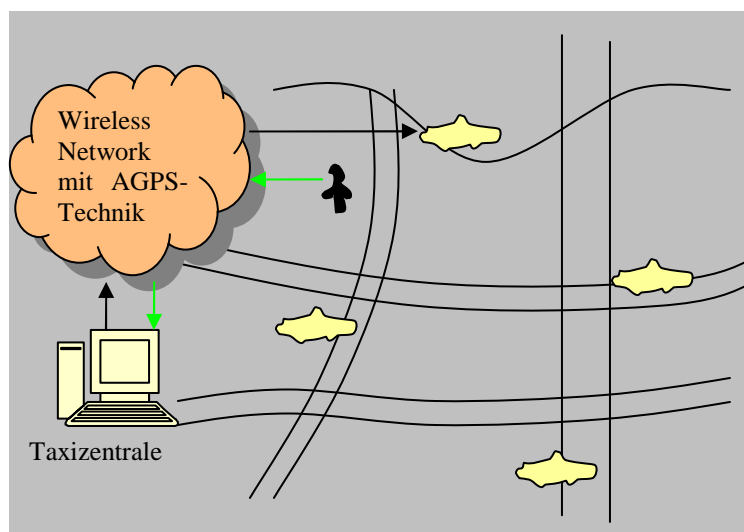
#### 6.1.1. Anwendungen für Mobilfunknutzer

Die Telekommunikationstechnik entwickelt sich sehr schnell. 3G steht für dritte Generation der Telekommunikationstechnik und verfügt über bis zu maximal 2 Mbps drahtloser Bandbreite. Dies ermöglicht es, die digitalen Karten und Assistenzdaten für A-GPS in Echtzeit zwischen Netzwerk und Handy zu übertragen. 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 A-GPS-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 A-GPS-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 - bei seinem Einverständnis - sekundenschnell auf dem Handybildschirm mit einer Karte visualisiert werden.

#### 6.1.2. 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 [CHONA UNICOM]. Beispielsweise kann eine Taxifirma ihre Wagen kontrollieren und in der Zentrale auf dem Computerbildschirm anzeigen, sofern diese ihre A-GPS-Handys einschalten. Auf Kundenwunsch kann die Zentrale das nächstgelegene Taxi anfordern (Abb.6-001).



Ein abgestelltes wertvolles Automobil kann mittels der A-GPS-Technik automatisch überwacht werden. Das im Auto befindliche eingeschaltete Überwachungsgerät mit A-GPS-Funktion könnte sofort Alarm auslösen, wenn sich der Wagen unbefugt bewegt [SNAP TRACK 2006].

Abb.6-001: Kontrolle von Taxis durch A-GPS-Technik

### 6.1.3. Notfall-Anwendungen

Zu den wichtigsten Aufgaben der A-GPS-Technik zählen die „Emergency Events Applications“. Für die Sicherheit von Kindern und Schutzbefohlenen kann leicht gesorgt werden, wenn diese ein mit A-GPS-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].

## 6.2. Tracking

### 6.2.1. Tracking von Touristen und ihren Führern mit gpsOne

Ein typisches Szenario ist: der Manager eines Reisebüros wird im Büro danach sehen, wo sich seine Reisegruppen gerade befinden und wie die Touristenreisen verlaufen. Der Gruppenführer wird auch darauf achten, wo sich die Gruppenmitglieder gerade aufhalten und ob sie rechtzeitig zurückkommen können. Auch die Reisenden wollen wissen, wo sich ihr Führer und ihr Reisebus befinden und wo es noch Sehenswürdigkeiten gibt. Ein mit A-GPS-Technik ausgerüstetes Handy kann diese Probleme mühelos lösen, ja sogar mit einem mobilen GIS im Handy die Positionen auf verschiedenen Bildschirm anzeigen und verwalten.



Abb.6-002: Landschaftsansichten am Xi-See.

In China gibt es das Sprichwort „Der Himmel hat das Paradies, die Erde hat den Xi-See“. Das bedeutet, die Landschaft um den Xi-See in China sei am schönsten (Abb.6-002). So kommen jedes Jahr zahlreiche Touristen aus aller Welt. Daraus erhebt sich die Frage nach der Sicherheit und der effektiven Organisation dieser Touristen. Beispielsweise ist es der Kooperation von Zhejiang Mobile, Motorola Chinas mit der gpsOne Technik aus Qualcomm in China gelungen, ein Projekt zur Disposition der touristischen Reisenboote auf dem Xi-See zu schaffen. Für jedes Boot ist ein GPS-Empfänger eingerichtet worden und der Führer eines



jeden Bootes wird mit einem hochwertigen Handy mit gpsOne Chip ausgerüstet. Die Trajektorie von jedem Boot kann auf dem Bildschirm in der Zentrale angezeigt und beurteilt werden (Abb.6-003). Die eigenen Bootspositionen können auch auf der Karte im Handy des Führers angezeigt werden.

Abb.6-003: Anwendung von gpsOne im Tourismus am Xi-See Chinas [ZHEJIANG MOBILE 2005].

### 6.2.2. Aufbau eines GPS-Geräts mit gpsOne-Chip

Jinan ist die Hauptstadt der Provinz Shandong mit über 80 Millionen Einwohnern. In Jinan laufen jeden Tag mehr als 2400 Omnibusse für den Fernverkehr, um die Passagiere zügig zwischen Jinan und anderen Städten zu transportieren. Ab 25.01.2007 sind in allen Bussen die

GPS Navigationsgeräte mit gpsOne Chip eingebaut worden und in Betrieb. Ohne GPS-Navigator wird die Fahrerlaubnis aufgehoben. Die Ziele dieser Aktion sind [INTERNET 28]:

- Reduktion der Unfälle,
- Alarm am Terminal bei Überschreitung der Geschwindigkeitsbegrenzung oder Müdigkeitserscheinungen beim Fahrer,
- Hilferuf bei einem Raub oder Angriff im Bus,
- Pünktlichkeitskontrolle der Busse.



Abb.6-004: Aufzeichnungsgerät mit A-GPS-Empfänger [INTERNET 28]



Abb.6-005:  
Kontrollzentrum  
[INTERNET 28]

### 6.2.3. Media-GPS-Navigator XH-6A mit SirFIII

Der von Xuanyi hergestellte GPS-Navigator XH-6A verfügt über sowohl ein hervorragendes Navigationssystem als auch ein vollständiges und im Wettbewerb führendes Mediasystem [INTERNET 32].

Die Eigenschaften von XH-6A sind:

- Hauptfrequenz 300 MHz,
- GPS-Navigation mit SirF III Chip
- gleichzeitiger Empfang von bis zu 20 Satelliten
- Genauigkeit bis 10 Meter
- MP3, MP4 Player
- Kartenexplorer
- TFT Displayer



Abb.6-006: Xuanyi GPS-Navigator mit SirF III [INTERNET 32]

### 6.2.4. Maritimes Flotteninformationssystem mit gpsOne

Das Amt für Meer und Fischerei der Stadt Quanzhou hat ein Sicherheitsverwaltungsinformationssystem für die Fischerei auf dem Meer aufgebaut. Am 09.08.2006 wurde dieses System evaluiert. Die Gutachter kamen zu dem Schluss, dass dieses System rationell und einsetzbar ist. Es kann also weiter entwickelt und benutzt werden.

Dieses System besteht aus einem Kontrollzentrum in der Stadt, einem Kontrollzentrum im Landkreis und Schiffsterminals. Die Schiffsterminals können in drei verschiedene Typen unterteilt werden:

1. Schiffe, deren Motorleistung kleiner als 60 Pferdestärken ist, benutzen die Handys mit dem gpsOne Chip von Unicom China, um praktikabel positionieren und alarmieren zu können.
2. Schiffe zwischen 60 bis 200 PS, die zudem innerhalb von 70 Kilometern vom Festland entfernt arbeiten, können die Kommunikation mit anderen Schiffen und Uferstationen, die Positionierung sowie Alarmierung durch ein im Schiff eingebautes CDMA1X-Terminal mit A-GPS-Positionierungsfunktion realisieren.
3. Schiffe, deren Pferdestärken über 200 liegen und die außerhalb von 70 Kilometern vom Festland entfernt arbeiten, können die Kommunikation mit anderen Schiffen und Uferstationen, die Positionierung sowie Alarmierung durch einen im Schiff eingebauten Sender mit A-GPS-Positionierungsfunktion realisieren.

Die Ziele dieses Systems sind [INTERNET 30]:

- Empfang der vom gefährdeten Schiff gesandten Informationen
- zeitweise Positionsmeldungen vom Schiff ans Zentrum
- Disposition von Schiffen zur Rettung eines in Not geratenen Schiffs
- Anzeige der Position und des Zustands von Schiffen in der Meereskarte
- Verwaltung der Schiffsdatei, inklusive Metadaten und Spuren im Meer

Bis Ende 2006 haben 500 auf Hochsee arbeitende Schiffe und 1000 im Küstenbereich betriebene Schiffe die gpsOne-CDMA Handys sowie CDMA-Sender eingesetzt [INTERNET 29].

## **6.3. Hochwasserschutz**

### **6.3.1. Hochwassersituation**

Sintflutartige Regenfälle und Überflutungen erleidet Europa in jüngster Vergangenheit nun zum 3. Mal: die Oderflut 1997, die Hochwasserkatastrophe 2002 im Oberlauf der Elbe und in Österreich/Bayern, die verheerenden Überschwemmungen 2005 in der Alpenregion (Österreich, Schweiz, Südbayern) und in Rumänien [INTERNET 36].

Jahr für Jahr wird China von ernststen Hochwasserereignissen in Mitleidenschaft gezogen und es kamen auch schon viele Menschen ums Leben - die Verluste waren sehr groß. Mit dem weltweiten Klimawandel werden sich diese Hochwasserkatastrophen häufen und ausweiten. Mit ganz modernen Techniken - A-GPS und GIS - könnten vom Hochwasser eingeschlossene Menschen rechtzeitig gerettet werden.

### **6.3.2. Hochwasserursachen [INTERNET 36]**

Unmittelbare Ursache dieser Hochwasserkatastrophen in Europa war Starkregen: ein Atlantiktief wird durch eine Kaltfront im Norden von der üblichen West-Ost-Zugbahn nach Süden zum Mittelmeer abgelenkt, wo sie durch das warme Mittelmeerwasser verstärkt und stark mit Feuchtigkeit aufgeladen wird. Auf der weiteren Zugbahn am Ostrand der Alpen entlang nach Nordost steigen die feuchten Luftmassen an den Gebirgen oder an der Kaltfront im Norden auf, kühlen dabei schnell ab und entladen ihre Feuchtigkeit oft durch extremen und anhaltenden Starkregen.

Die Klimaerwärmung erhöht die Niederschläge: Die Temperatur des Mittelmeers hat sich in Folge der globalen Erwärmung erhöht, was die Verdunstung verstärkt. Da die Luftmassen über dem Mittelmeer ebenfalls stärker erwärmt werden, können sie umso mehr Feuchtigkeit aufnehmen, was in der Folge zu noch stärkeren Niederschlägen führt.

Weltweit verursacht die Klimaerwärmung häufigere und intensivere Wetterextreme, wobei aber noch große Unsicherheit darüber herrscht, wie sie sich im Laufe der Zeit örtlich verteilen werden. Ob daher die Häufung der Wetterlagen in den Sommern der letzten Jahre rein zufällig oder doch eher Folge des Klimawandels ist, kann bisher nicht anhand der Daten oder mittels Klimasimulationen entschieden werden.

Die meisten Klimaexperten sehen im anthropogenen Treibhauseffekt die Hauptursache für die Klimaerwärmung und sich in der Folge verstärkende Wetterextreme, wie z.B. Starkregen und Überschwemmungen. Weitere Ursachen von Menschenhand verstärken die Hochwassergefahr: verringerte Wasseraufnahmekapazität von Böden/Wäldern und erhöhte Abflussgeschwindigkeit der Wassermassen durch Bodenversiegelung bzw. -verdichtung, Erosion, Abholzung, Waldsterben; Begradigung, Kanalisierung und Eindeichung von Flüssen und weniger Auenlandschaften oder Überlaufflächen.

### 6.3.3. Häufigkeit und Ernst der Hochwasserkatastrophen

Folgende Beispiele verdeutlichen die Schadenausmaße:

Die Schäden durch das Hochwasser 2005 in Bayern liegen nach ersten Berechnungen bei 172 Mio. Euro und damit unter denen des Hochwassers von 1999, obwohl die Wasserstände dieses Jahr deutlich höher lagen. Damals betrug der Gesamtschaden 345 Mio. Euro [INTERNET 10].

Bereits die Elbeflut von 2002 hat rund 13 Milliarden Euro gekostet, die Hitzewelle 2003 rund zehn Milliarden [INTERNET 11].

In den Hochwassergebieten Westrumäniens zeichnet sich keine Entspannung ab. An einigen Orten stiegen die Pegelstände den zehnten Tag in Folge. Besonders betroffen sind weitere Ortschaften im Flachland zwischen Timisoara und der serbischen Grenze. Dort steht ein Gebiet von rund 1000 Quadratkilometern unter Wasser [INTERNET 12].

Nach den schweren Unwettern in Rumänien ist die Zahl der Toten auf 68 gestiegen. Drei Menschen würden noch vermisst, teilte die Polizei mit. Präsident Basecu räumte ein, das Land sei nicht auf derartige Unwetter vorbereitet gewesen. Er versprach rasche Hochwasserschutzmaßnahmen [INTERNET 13].

### 6.3.4. Hochwasser in China

Der Fluss Changjiang hieß im Altertum Jiang und auch großer Jiang. Nach sechs-Dynastien wird er im allgemeinen Changjiang genannt. In einigen ausländischen Staaten wird als Yangzi-Fluss bezeichnet. Changjiang ist der größte Fluss in China. Er stammt von der Spitze des Tanggula- Gebirges in der Qingzhang (Tibet)-Hochfläche. Die Quelle liegt in nördlicher Breite 33°28' und östlicher Länge 91°08' und ihre Höhe beträgt mehr als 5400 Meter. Der Stammfluss fließt durch 10 Provinzen, Stadtbezirke und autonome Gebiete, erstreckt sich über mehr als 6300 km und ist damit nur kürzer als der Amazonas und der Kongo-Fluss. Die Fläche des Einzugsgebiets umfasst mehr als 1,8 Million km<sup>2</sup>. Die Flussmenge ins Meer beträgt mit jährlich durchschnittlich 1000 Milliarden m<sup>3</sup> 36% der totalen Flussmenge von ganz China [INTERNET 14].



Die Bewässerungsfläche des Einzugsgebiet (Abb.6-007) des Changjiang beträgt 14,67 Millionen Hektar und umfasst 63,3% des Agrarlands und 30% der Bewässerungsflächen in ganz China. Die Wasserenergie des Changjiang ist ausgiebig und stellt bis 197 Millionen Kilowatt zur Verfügung. Jährlich wird eine Elektrizitätsmenge bis 1000 Milliarden Kilowattstunden produziert, dies ist nur weniger als in Brasilien. Das Einzugsgebiet des Changjiang ist das wichtigste Wirtschaftsgebiet in China und verfügt über mehr als 398 Millionen Menschen und über mehr als 185 Städte [INTERNET 15].



Abb.6-007: Lage des Changjiang's Einzugsgebiet in China (aus Ministerium für Wasserwirtschaft)

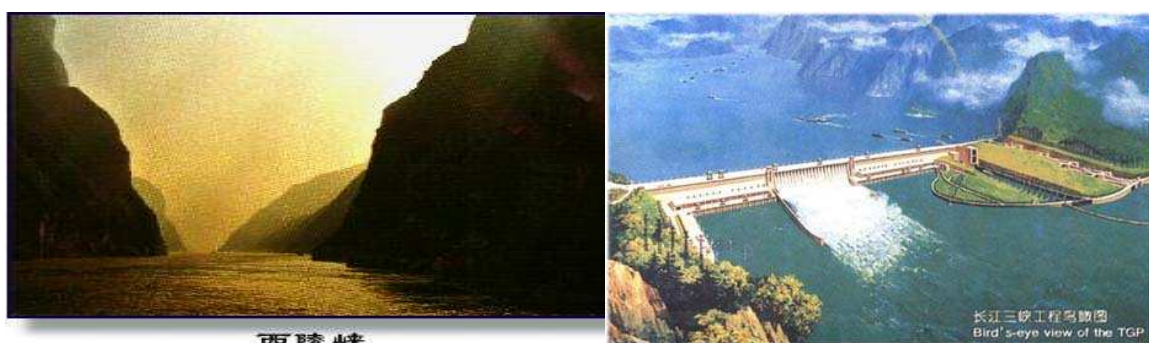


Abb.6-008: Drei-Schluchten-Stau und Xiling-Tal [INTERNET 16 ]

Wegen der Regenstürme im Einzugsgebiet während der Regensaison von Mai bis Oktober brechen die Hochwasser jährlich unerwartet plötzlich aus. Die Mengen von Regenwasser aus dem Oberlauf des Flusses und auch aus den Nebenflüssen des Mittel- und Unterlaufs strömen dort zusammen. Weil die Höhe der Flusswasserebene in den Einzugsgebieten einige Meter mehr als die der Hochwasserwarnmarken beträgt und die Fähigkeit der Ableitung von Hochwasser schwächer ist, wenn das riesige strömende Hochwasser kommt, ist der Mittel- und Unterlauf das häufigste Gebiet von Hochwasserbruch, obwohl das Flussbett in diesen

Bereichen weiter und tiefer ist. Im 20. Jahrhundert ist jeweils in den Jahren 1931,1935, 1954 und 1998 das große Hochwasser ausgebrochen. In Tab.6-001 ersieht man, welche Verluste deswegen in China verursacht wurden.

Jahr	überschwemmte Kreise und Städte	überflutetes Agrarland (Mill. Mu <sup>2</sup> )	Zerstörte Häuser (Mill. Zimmer)	betroffene Menschen	Tote
1931	54	50.9	1.8	28.55	145200
1935	53	22.64	0.4	10.03	142000
1954	-	47.55	4.27	18.88	33000
1998	-	40.02	0.81	2.316	1320

Tab.6-001: Überblick über die Hochwasserkatastrophen vom Yangste Chinas



Abb.6-009: Agrarland und Häuser vom Hochwasser eingeschlossen [INTERNET 17]



Abb.6-010: Eindringen von Hochwasser in die Städte [INTERNET 18; 19]

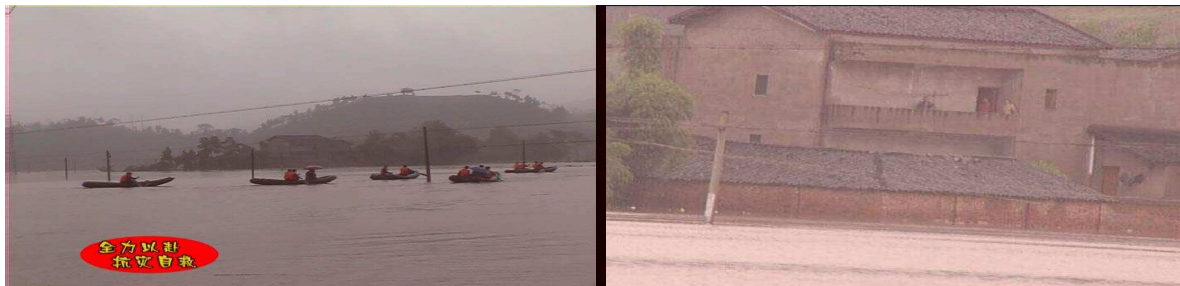


Abb.6-011: viele vom Hochwasser eingeschlossene Menschen [INTERNAT20; 21]



Abb.6-012: Einsatz aller Kräfte zum Wiederaufbau des gebrochenen Damms in der Großstadt Jiu-Jiang [INTERNET 22]

Während des Hochwassers sind hunderttausende Menschen und Soldaten auf die Deiche gegangen und haben diese die ganze Zeit über im Stehen überwacht. Die Flusssämme in gefährdeten

<sup>2</sup> Mu ist die chinesische Einheit für Agrarland, 1 Mu gleich 1/16 Hektar

Gebieten hätten unter Umständen jederzeit brechen können (Abb.6-012) und Stadt wie Land wären augenblicklich unter der Überschwemmung versunken (Abb.6-010). Zahlreiche Menschen wurden vom Hochwasser eingeschlossen und erwarteten Hilfe (Abb.6-011). Die Rettungsarbeit im Hochwasser war meistens nur unsystematisch und zeitaufwendig (Abb.6-013). Das Frühwarnsystem zur Überwachung der Deiche und die Rettungsplattform für von Hochwasser eingeschlossene Menschen kommen deshalb zurzeit auch in China in Betracht.



Abb.6-013: Rettung von im Hochwasser eingeschlossenen Menschen [INTERNET 23; 24; 25; 26]

### 6.3.5. Hochwasser in Europa

#### Gewässersysteme

Die größten Flüsse in Deutschland sowie in Österreich sind Rhein, Elbe, Donau, Weser und Oder (Abb.6-014). An den Gewässern Elbe, Donau sowie Oder bricht häufig Hochwasser aus. Die Donau ist nach der Wolga der zweitlängste Strom in Europa. Ihre Länge, gemessen ab der Donauquelle in Donaueschingen, beträgt 2845 Kilometer; von der Breg-Quelle in Furtwangen an gerechnet sind es 2888 Kilometer. Nach Deutschland und Österreich durchfließt der Fluss noch acht weitere europäische Staaten (Abb.6-015) und mündet im ausgedehnten Donaodelta in das Schwarze Meer. Er verläuft in Deutschland 687 km weit und in Österreich 321,5 km [WIKIPEDIA<sup>1</sup>].

Die Elbe entspringt in Tschechien, fließt durch Deutschland und mündet in die Nordsee. Mit 1091 Kilometern Länge ist die Elbe der vierzehntlängste Fluss in Europa und gehört zu den 200 längsten Flüssen der Erde. Der deutsche Anteil ist in 727 Fluss-Kilometer unterteilt. Weil die Elbe nicht in einen anderen Fluss, sondern ins Meer mündet und eine gewisse Größe hat, gilt sie als Strom. Sie entwässert ein Einzugsgebiet von etwa 148.000 Quadratkilometern. Mit einem mittleren Abfluss von 860 m<sup>3</sup>/s an der Mündung rangiert sie in Deutschland nach Rhein, Donau und vor Inn [WIKIPEDIA<sup>2</sup>]



Abb.6-014: Abwässer in Deutschland sowie in Österreich [KALKOWISKI 2000].

Die Oder (polnisch und tschechisch *Odra*, sorbisch *Wodra*) ist ein 866 km langer Fluss, der durch Tschechien, Polen und Deutschland zur Ostsee fließt. Als Ergebnis des Zweiten Weltkrieges wurde sie ab der Einmündung der Lausitzer Neiße bis Mescherin/Gryfino zur polnischen Westgrenze ("Oder-Neiße-Linie"). Der mittlere Abfluss beträgt 574 m<sup>3</sup>/s, womit die Oder nach Rhein, Donau, Inn und Elbe der fünftgrößte Fluss in Deutschland ist.



Abb.6-015: Das Flusssystem der Donau mit den zugehörigen Anliegerstaaten [WIKIPEDIA<sup>1</sup>]

#### Oderhochwasser 1997 [WIKIPEDIA<sup>3</sup>]

Das Oderhochwasser bzw. die Oderflut ist die Bezeichnung für ein verheerendes Hochwasser der Oder im Juli und August 1997. Überschwemmungen an den Flussläufen der Oder und March verursachten im Sommer 1997 schwere Schäden in Tschechien, Polen und Deutschland und forderten zahlreiche Opfer (114 Tote in Polen und Tschechien). Die Schäden werden auf 3,8 Milliarden Euro in Tschechien und Polen sowie 330 Mio. Euro in Deutschland beziffert. Bei der Bewältigung der Hilfsmaßnahmen in Deutschland haben die Bundeswehr sowie das THW (Technisches Hilfswerk) überragende Dienste geleistet. Die bei weitem größte Anzahl der Helfer stellte die Feuerwehr – vorwiegend mit ehrenamtlichen Kräften. Die Bundeswehr war mit mehr als 3.000 Fahrzeugen und Spezialmaschinen im Einsatz. 50 Bundeswehr-Hubschrauber beförderten in über 2.700 Flugstunden rund 2.000 Personen sowie etwa 3.500 Tonnen Material.

#### Donauhochwasser 2002 [KAFFIANER 2005]

Das Donauhochwasser 2002 war eine der größten Flutkatastrophen, die Österreich jemals heimgesucht haben. Aufgrund seiner gewaltigen Ausmaße wird es auch als Jahrhundertflut bezeichnet.

Anfang August gingen in Mitteleuropa gewaltige Niederschlagsmengen nieder, welche zahlreiche Flüsse über die Ufer treten ließen. Die stärksten Regenfälle waren hierbei in Ober- und Niederösterreich sowie in Tschechien zu verzeichnen. Zahlreiche Flüsse, darunter der Kamp und die Donau, traten über die Ufer. Besonders dramatisch war die Lage bei Grafenwörth, wo der Kamp in die Donau mündet.

#### Elbehochwasser 2002 [WIKIPEDIA<sup>4</sup>]

Das Elbehochwasser im Jahr 2002 war ein als Jahrhunderthochwasser klassifiziertes Flutereignis entlang der Elbe und vieler ihrer Nebenflüsse. Anfang August 2002 lösten Regenfälle in den Alpen sowie im Erz- und Riesengebirge schwere Überschwemmungen und verheerende Schlammlawinen in Deutschland, Österreich, Polen, Tschechien und Italien aus. Die Situation in Deutschland.

Mitte August 2002 trat die Elbe nach anhaltenden Regenfällen im Erzgebirge und Riesengebirge über die Ufer und setzte danach weite Landstriche in Tschechien (Prag), Sachsen, Sachsen-Anhalt (besonders Dessau, Bitterfeld) und Niedersachsen unter Wasser. Viele Brücken wurden weggerissen, Straßen unterspült, Häuser überflutet und schwer

beschädigt, die Strom- und Telefonversorgung brach zusammen, ganze Dörfer wurden evakuiert oder waren von der Außenwelt abgeschnitten (Abb.6-016,6-017).

Der Schaden in Dresden beläuft sich allein an der Semperoper auf 27 Mio. Euro und an den Staatlichen Kunstsammlungen mit Gemäldegalerie auf 20 Mio. Der Gesamtschaden in Deutschland betrug ca. 15 Milliarden Euro.

#### Die Situation in Österreich

Ähnlich war die Situation im Norden Österreichs, wo vor allem das Waldviertel und das Mühlviertel in Mitleidenschaft gezogen wurden. Allein in Niederösterreich wurden über 250 Straßen- und Eisenbahnbrücken durch Unterspülung der Fundamente oder durch das Treibgut so schwer beschädigt, dass sie komplett erneuert werden mussten.

#### Die Situation in Tschechien

In Tschechien starben aufgrund des Hochwassers 17 Personen. Verursacht wurden Schäden, die auf 3,3 Mrd. Euro geschätzt wurden. 446 Ortschaften wurden überflutet, davon 99 vollständig. Direkt betroffen wurden davon 1,33 Mio. Menschen, 200.000 davon wurden evakuiert (Abb.6-018,6-019).



Abb.6-016: Schlottwitz, an der Straße nach Cunnersdorf am 13.08.2002 [WIKIPEDIA<sup>4</sup>]



Abb.6-017: Dresden im August 2002 [MALSCH 2002]



Abb.6-018: Historische Brücke in Písek / Tschechien überflutet im August 2002 [OSOBNĚ 2002]



Abb.6-019: Überflutung in Putim / Tschechien 2002 [TSCHECHIEN 2002]

#### Alpenhochwasser 2005 [WIKIPEDIA<sup>5</sup>]

Ein starkes Tief über der Adria (Tief *Norbert*, eine Vb-Wetterlage) führte zwischen dem 20. und 22. August 2005 große Wassermengen über den Balkan, Österreich und Süddeutschland an die Alpen, wo sich die Wolken in Form von starkem Regen entluden, was zum Hochwasser in den nördlichen Vor- und Zentralalpen führte.

Das von der Flutkatastrophe betroffene Gebiet reichte (zeitlich gestaffelt) vom Berner Oberland über die Innerschweiz, Graubünden, Tirol und Vorarlberg bis nach Bayern und

weiter Donau abwärts (Abb.6-020,6-021,6-022,6-023). Die Alpensüdseite wurde nicht betroffen.

Durch die Überschwemmungen mussten verschiedene Kraftwerke stillgelegt werden und Stromleitungen aus Sicherheitsgründen abgeschaltet werden, sofern sie nicht durch die Unwetter in Mitleidenschaft gezogen wurden. Auch die Wasserversorgung und -entsorgung musste in einigen Regionen abgestellt werden. Ebenso fielen in den betroffenen Gebieten die Kommunikationsmittel (Festnetz, Handy, Internet) aus (es hätte das Beidou-System genutzt werden können).

Allein in der Schweiz kamen bei dem als Jahrhunderthochwasser bewerteten Ereignis bisher zwischen sieben und zehn Personen ums Leben.

Neben den in den Alpen stattgefundenen Katastrophen sind auch Rumänien und Bulgarien betroffen, wo große Teile des Landes bis September 2005 bereits sechs Mal überschwemmt wurden und zahlreiche Tote zu verzeichnen waren. Das Schadensausmaß soll an die 2 Milliarden Euro betragen.



Abb.6-020: Überflutung von Kappl-Nederle in Öserreich [ASITRIOL 2005]



Abb.6-021: Überflutung von Pfunds-Stubnerbach in Österreich [ASITRIOL 2005]



Abb.6-022: Hochwasser in München 2005 [Wikipedia<sup>5</sup>]: Bloß nicht in die falsche Richtung laufen!



Abb.6-023: Das Lachenstadion beim Hochwasser vom 25.08. 2005 in Thun / Schweiz [WIKIPEDIA<sup>5</sup>]

### 6.3.6. Das Seebeben im indischen Ozean [WIKIPEDIA<sup>7</sup>]

Das Seebeben im indischen Ozean– auch Sumatra-Andamanen-Beben genannt – am 26. Dezember 2004 hatte eine Stärke von 9,4 auf der Richterskala mit Hypozentrum vor der Nordwestküste Sumatras (Abb.6-024) und verursachte durch mehrere Flutwellen verheerende Schäden in Küstenregionen am Golf von Bengalen, der Andamanensee und Südasien. Auch in Ostafrika kamen Menschen ums Leben.

Insgesamt hat das Beben etwa 227.000 Menschenleben gefordert. Allein in Indonesien waren nach offiziellen Schätzungen rund 165.000 Todesopfer zu beklagen. Über 110.000 Menschen wurden verletzt, über 1,7 Millionen Einheimische sind rund um den Indischen Ozean obdachlos geworden (Abb.6-025). Die Zahl der Toten wird jedoch vermutlich nie genau feststehen, da einerseits wegen der Furcht vor Seuchen viele Opfer ohne genaue Zählung rasch in Massengräbern beerdigt wurden, andererseits auch eine Trennung aus direkten Opfern der Katastrophe oder an Blutvergiftung (Sepsis) Verstorbener nicht möglich ist. Fast alle Trinkwasserquellen der betroffenen Gebiete wurden durch das Unglück verunreinigt.



Abb.6-024: Betroffene Küsten beim Seebeben im Indischen Ozean in 2004 [WIKIPEDIA<sup>7</sup>]



Abb.6-025: Verwüstete Küstenabschnitte beim Seebeben im Indischen Ozean 2004 [WIKIPEDIA<sup>7</sup>]

### 6.3.7. Überschwemmungen durch den Hurrikan Katrina in New Orleans

Am 29 August 2005 wurde New Orleans vom Hurrikan Katrina heimgesucht. Obwohl New Orleans nur von Ausläufern des Hurrikans in Mitleidenschaft gezogen wurde, zeigte sich auch dort das katastrophale Ausmaß der Zerstörungen. Nach Dammbürchen wurde die Jazz-Metropole nahezu komplett überschwemmt (Abb.6-026). Die Stadt versinkt in den Wassermassen und wurde komplett evakuiert (Abb.6-027). Die eingeschlossenen Menschen mussten auf die Rettungshubschrauber warten (Abb.6-028). Wegen Plünderungen galt in einigen Bezirken das Kriegsrecht. Es gab kein Telefon, kein Trinkwasser, keine Nahrung und keinen Strom. Pausenlos flogen die Rettungshubschrauber, um Menschen von den Dächern

ihrer Häuser zu holen. Mehr als 20.000 Soldaten der Nationalgarde und 7.200 Soldaten im aktiven Dienst leisteten im Katastrophengebiet Hilfe. Durch den Sturm und seine Folgen kamen etwa 1.800 Menschen ums Leben. Derzeit (Stand Januar 2006) werden laut CNN noch etwa 3.200 Personen vermisst. Der Sachschaden beläuft sich auf etwa 81 Milliarden US-Dollar [WIKIPEDIA<sup>6</sup>].



Abb.6-027: Flucht vor dem Hurrikan Katrina in New Orleans [INTERNET 33]

Abb.6-026: Komplett unter Wasser stehendes Wohngebiet von New Orleans [WIKIPEDIA<sup>6</sup>]



Abb.6-028: Warten auf Nothilfe bei der Überschwemmung von New Orleans in den USA [INTERNET 33]

### 6.3.8. Hochwasser in Indien

Indien wird alljährlich zwischen Juni und September vom Monsun heimgesucht. Im westindischen Bundesstaat Maharashtra waren in zehn Tagen des August 2005 die heftigsten Monsunregenfälle in der Geschichte Indiens niedergegangen. Dämme brachen, Tausende Menschen mussten evakuiert werden. Die schweren Überschwemmungen rissen mindestens 1.000 Menschen in den Tod, Hunderte kamen allein in Mumbai ums Leben [INTERNET 34].

### 6.3.9. Schlammstrom auf den Philippinen 2006 [INTERNET 35]

Ein Dorf namens Guinsaogon in der Provinz Süd-Leyte auf den Philippinen wurde bei einem gewaltigen Bergsturz völlig verschüttet (Abb.6-029). Dort lebten Schätzungen zufolge rund 3000 Menschen. Offiziell wird von mindestens 1500 Vermissten ausgegangen, vermutlich liegt die Zahl aber noch deutlich darüber. Unter den Vermissten sind auch rund 250 Grundschüler und Lehrer, die in ihrer Schule verschüttet wurden. 57 Bewohner des Dorfes wurden lebend gerettet (Abb.6-030).

Angehörige der Schüler berichteten, sie hätten noch in den frühen Morgenstunden SMS-Botschaften von eingeschlossenen Kindern erhalten. Demnach sei es ihnen noch rechtzeitig gelungen, die Fenster und Türen zu schließen. Angehörige der Vermissten hofften, da





Lawinenopfer Lebenszeichen per SMS geschickt hätten. Aber gäbe es nur ein Handy mit A-GPS!

Abb.6-029: Die Böden waren nach wochenlangem Dauerregen komplett aufgeweicht [INTERNET 35]



Abb.6-030: Rettungsarbeit beim Schlammstrom auf den Philippinen [INTERNET 35]

## 6.4. Eisstöße [SU et al. 2006c]

### 6.4.1. Einflussfaktoren bei der Entstehung von Eisstößen an Flüssen.

Einflussfaktoren bei der Entstehung von Eisstößen an Flüssen:

- Lufttemperatur: Wegen des geographischen Breitenunterschiedes zwischen dem Unterlauf und dem Oberlauf des Flusses liegt an den großen Flüssen Chinas die Lufttemperatur am Oberlauf deutlich höher als am Unterlauf.
- Wassertemperatur: Wegen der höheren Temperatur beginnt das Eis am Oberlauf des Flusses zu schmelzen, während die Eisdecke am kälteren Unterlauf noch massiv ist. Die Eisblöcke aus dem Oberlauf schieben sich über das flussabwärts verbliebene Eis. Dies führt zu einem schnellen Anschwellen des Wasserstandes und furchtbaren Katastrophen, wenn die Schutzmaßnahmen nicht ausreichen.
- Flussgestalt.
- Wassergeschwindigkeit.

### 6.4.2. Gefahrenpotenzial von Eisstößen

#### 6.4.2.1. Das chinesische Flussnetz

Die mächtigsten Flussnetze in China: sind Yangtse und Gelber Fluss (Abb.6-031).

Die meisten Eisstoßkatastrophen ereignen sich im Norden und im Westen Chinas, ganz besonders am Gelben Fluss.

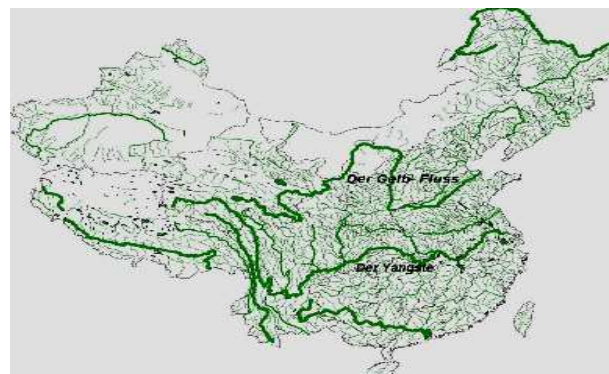


Abb.6-031: Chinesisches Flussnetz (aus Ministerium für Wasserwirtschaft)

## 6.4.2.2. Historische und aktuelle Eisstoß-Katastrophen

### 6.4.2.2.1. Der große Eisstoß der Donau in Österreich (1830)

Halb Wien war 10 Tage lang überflutet; flussabwärts ertranken ganze Dörfer in den Fluten. Unermesslich schien der unmittelbare Verlust an Menschenleben und an Eigentum- und wurde doch durch die wegen der übergebenen Kanäle ausgebrochene Cholera 1831 übertroffen. Es gibt dank zahlreicher Fischer, die die auf die Häuser geflüchteten Bewohner retten, nur 74 Tote [INTERNET 60].



Abb.6-032: Eisstoß in Österreich [INTERNET 60]

### 6.4.2.2.2. Jährliche Eisstoßereignisse in China

Weil das Wasser im Huanghe-Fluss durch seinen Lauf im Gelben Hochland sehr gelb ist, nennen ihn die Chinesen den Gelben Fluss. Der Gelbe Fluss gilt als die Quelle der chinesischen Kulturgeschichte über 5000 Jahre und wird auch vom chinesischen Volk Mutterfluss genannt.

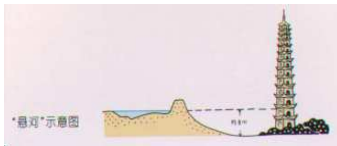


Abb.6-033: Profil des Gelben-Flusses [INTERNET 61]

Durch die Ablagerung der vom Gelben Hochland erodierten Sande läuft der Fluss - wie auch der Po - schon deutlich über dem Geländeneiveau (Abb.6-033).

Obwohl der Gelbe Fluss eigentlich Segen über das Land bringt, so hat er dem Volk Chinas auch viele Katastrophen beschert, sowohl im Sommer mit Hochwasser als auch im Winter durch Eisstoß.

Am meisten entstehen die Eisstöße an den vier folgenden Abschnitten des Gelben Flusses (Abb.6-034):

- am Unterlauf
- im Abschnitt des autonomen Gebietes Neimeng
- im Abschnitt des autonomen Gebietes Nixia
- im Abschnitt Lanzhou

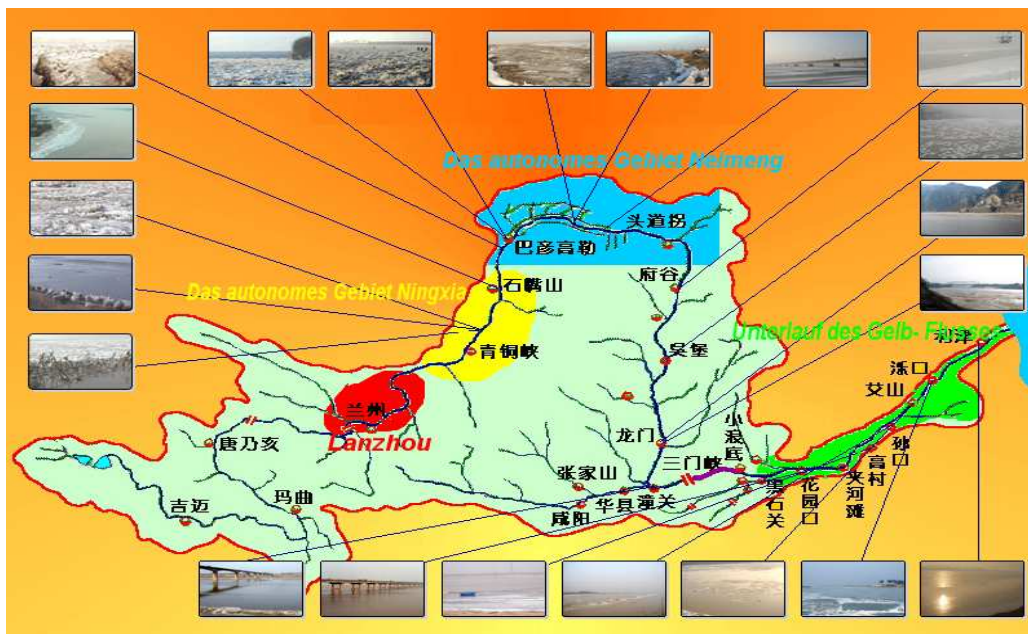


Abb.6-034: Abschnitte des Gelben-Flusses (aus XINHUA.com.cn, aber schon überarbeitet)

Jahr	Abschnitt	betroffene Menschen	betroffene Ackerfläche(km <sup>2</sup> )	versunkene Wohnungen	Tote
1951	Unterlauf	70000	430		12
1955	Unterlauf	177000	881	5355	80
1969	Unterlauf	86000	324	95	
1993	Unterlauf		122.3		
1996	Unterlauf	100000		900	
2001	Neimeng	4000	500		
2004	Nixia		220		
2004	Shanxi		63		

Tab.6-002: Überblick über die Katastrophen von Chinas Gelbem Fluss

Von 1883 bis 1936 gab es allein im Unterlauf insgesamt 40 große Überströmungen des Dammes.

In den Jahren 1970, 1979, 1981, 1982 und 1985 gab es auch im Unterlauf und im Neimeng-Abschnitt große Katastrophen durch Eisstöße. Darüber sind aber leider keine detaillierten statistischen Angaben bekannt.



Im Abschnitt des Unterlaufes des Gelben Flusses in Shandong ist das Flusswasser Anfang 2006 über eine Länge von 233 km eingefroren. Es wurden über 450 000 Menschen zusammengerufen, um gegen den drohenden Eisstoß zu kämpfen.



Das Wasser des Ketsi-Flusses in der autonomen Provinz Xinjiang ist am 08. 01.2006 meterdick gefroren. Die Brücke wurde schon beinahe vom Eis erfasst.



Im Januar 2004 wurden 60.000 km<sup>2</sup> Ackerflächen im Kreis Yongji der Provinz Shanxi von Eisblöcken bedeckt.

Abb.6-035: Drei Beispiele von Eisstoß in China (<http://news.163.com>)

### 6.4.3. Maßnahmen und Methoden zur Begegnung der Eisstoßbedrohungen

Um die Katastrophe eines Eisstoßes zu vermeiden oder zu vermindern, müssen so früh wie möglich entsprechende Maßnahmen und Methoden eingesetzt werden. Wenn möglich muss man ein praktikables Frühwarnungssystem aufbauen. GIS wird schon im Aufbau des digitalen Gelbflusssystemes eingesetzt. Satellitenbilder haben auch bereits in der Überwachung von Eisstößen Anwendung gefunden. China hat schon den Aufbau des „Digitalen Gelben Flusses“ begonnen. Für dieses System werden die Techniken von Photogrammetrie, Fernerkundung, GIS und GNSS angewandt, um die grundlegenden Daten des Gelben Flusses zu erfassen und eine integrierte digitale Plattform zur Simulationen, Analyse und Forschung einzurichten. Beim Aufbau dieses Systems und anderer Projekte des Gelben Flusses wie z.B. beim Bau des Staudamms Xiaolangdi und bei hydrographischen Messungen im Mündungsgebiet wird GPS nur für die normalen topographischen Flussbettmessungen eingesetzt, um die Genauigkeiten zu verbessern und Personal einzusparen [HU 2005]. Anwendungen gegen Eisstoß haben bis heute noch nicht stattgefunden.

### 6.4.3.1. Normale Maßnahmen

Die hydrographischen Messungen des Eisstands im Gelben Fluss beinhaltet sechs Faktoren:



Eisdichte, Wasserbreite, Eisdicke, Fläche des größten Eisblocks, Länge und Tiefe des zu Eis gefrorenen Flusses, Eisbreite [LI 2006]. Es gibt folgende Methoden zur Messung: vor Ort Messungen (Abb.6-038), Messungen mit Hubkanzel (Abb.6-036) und mit Schiff (Abb.6-037).

Abb.6-036: Geodäten auf Hubkanzel zur Aufnahme der Eisblöcke und der Wasserhöhe des Flusses( [www.yellowriver.gov.com](http://www.yellowriver.gov.com))



Abb.6-037: Vermessung mit Schiff (<http://www2.sdnews.com.cn>)

Abb.6-038: Messung vor Ort (<http://www.sdhh.gov.cn>)



### 6.4.3.2. Zerstörung von Eisfläche und Eisdammb

Um die vom Oberlauf abfließenden Eisstöße und das Flusswasser zügig nach unten laufen zu lassen, muss das Eis im noch eingefrorenen Flussabschnitt zerstört werden (Abb.6-041). Wenn sich ein Eisstamm gebildet hat, muss man ihn rechtzeitig bombardieren (Abb.6-039,6-040) [YAN et al. 2005b].



Abb.6-039: Zerstörung eines Eisdamms durch Sprengung [YAN et al. 2005b]



Abb.6-040: Bombardement des Flusseises vom Flugzeug aus [YAN et al. 2005b]



Abb.6-041: Manuelle Eiszerstörung und Zerstörungskräfte von Eis (aus XINHUA)

Es ist sehr schwierig in solchen Situationen Vermessungsarbeiten durchzuführen. Die großen Eisblöcke können durch plötzliche Bewegung die Nivellierlatte einklemmen und zerstören.

### 6.4.3.3. Satellitenbilder

EOS (Earth Observing Satellites) (Internet, 37) ist ein von der amerikanischen NASA entwickeltes neues Erdbeobachtungssystem zur Erforschung von Lösungen der Probleme von Weltklimaänderung, Umweltveränderung und Naturkatastrophen. Der EOS-Satellit TERRA wurde am 18.12.1999 erfolgreich gestartet und überquert China um 10:30 und 22:30 Uhr. Am 02.05.2002 wurde auch der Satellit EOS-AQUA in die Umlaufbahn gebracht und überquert China um 14:30 und 2:30 Uhr. Die Scannbreite der Satelliten erreicht bis zu 2330 km. Gebiete niedriger und hoher Breiten können nur einmal am Tag überdeckt werden. In China können die meisten Gebiete mit zwei Satelliten vier Mal an einem Tag gescannt werden. Dies kann in der Überwachung gegen Eisstoß angewendet werden und wird auch schon in diesem Bereich eingesetzt (Abb.6-042). Bei ungünstiger Wetterlage jedoch oder auch im Detail kann diese Methode nicht genutzt werden.

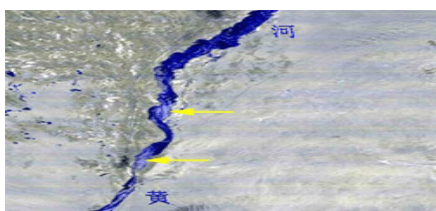


Abb.6-042: Eisüberwachung mit Satellitenbildern [INTERNET 37]

# Kapitel 7 Frühwarnung und Rettung bei Hochwasser- oder Eisstoßkatastrophen

## 7.1. Rettung von im Katastrophenfall eingeschlossenen Menschen mit A-GNSS-Technik

Wenn plötzlich die Überflutung eines Flusses oder eine ähnliche Katastrophe ausbricht, werden bestimmt mental nicht darauf vorbereitete Personen im Hochwasser oder in vergleichbarer Situation eingeschlossen. Sie stehen hilflos vielleicht in einem Hochhaus, auf einem Hügel, auf einem hohen Baum oder sogar wie 2006 auf den Philippinen im Schlammstrom und erwarten Hilfe. Sie haben wahrscheinlich keine Nahrungsmittel. Um die bei einer Katastrophe eingeschlossenen Leute rechtzeitig zu retten, muss man eine ausgedehnte Mission starten. Es gestaltet sich jedoch schwierig, die im Hochwasser befindlichen Menschen so früh wie möglich zu finden, außer sie hätten zufällig ein Handy. Wenn dieses Handy über eine Taste für Notruf (Emergency) mit A-GNSS-Funktion verfügt, könnten sie diese sofort betätigen, obwohl sie sich im Gebäude oder in der Abschattung von Bäumen befinden und das konventionelle GPS in solchen Situation gar nicht funktionieren kann. Mit A-GNSS jedoch kann ihre Position über das Netz entweder auf dem Handy oder im A-GNSS-Server ausgewertet werden. Diese Position wird dann sofort zum Rettungsteam geschickt. Außerdem sollte dem Rettungsteam auch ein mit GNSS/A-GNSS Funktion ausgerüstetes Tracking-Gerät zur Verfügung stehen, um die von der Zentrale mitgeteilten Ziele zügiger und schneller erreichen zu können.

Die oben erwähnten A-GPS Technik- und Serviceanbieter auf dem Markt haben schon den Grundstein für den Aufbau eines Rettungssystems zum Hochwasserschutz gelegt. Wegen des Datenschutzes ist die A-GPS-Entwicklung in Deutschland etwas verzögert worden, obwohl diese moderne Technik schon breite Anwendungen im Markt gefunden hat (siehe Kapitel 6). Bei den Anwendungen der A-GPS- bzw. A-GNSS-Technik zur Rettungsarbeit im Hochwasserschutz sind die folgenden Aufgaben zu erledigen.

### 7.1.1. Aufbau der A-GNSS-Server

Es existieren drei Entwürfe zum Aufbau eines A-GNSS-Servers bzw. eines Rettungszentrums.

#### 7.1.1.1. Entwurf zum Aufbau eines A-GNSS-Servers mit OMA SUPL Standards

Für ein kleines Überschwemmungsgebiet kann man eine oder mehrere Referenzstationen aufbauen, um damit die Assistenzdaten wie z.B. Ephemeriden und Almanachs für die A-GNSS-Endgeräte vorbereiten zu können. Die Genauigkeit und die Echtzeitverfügbarkeit für die Assistenzdaten sind höher, dafür fallen höhere Kosten an. Mit einem internationalen GPS-Referenznetz wie z.B. IGS, NIMA, NASA oder SAPOS in Deutschland sowie mit einem ähnlichen Galileo-Referenznetz können derartige Assistenzdaten auch über die jeweilige Internetseite extrahiert werden (Abb.7-001).

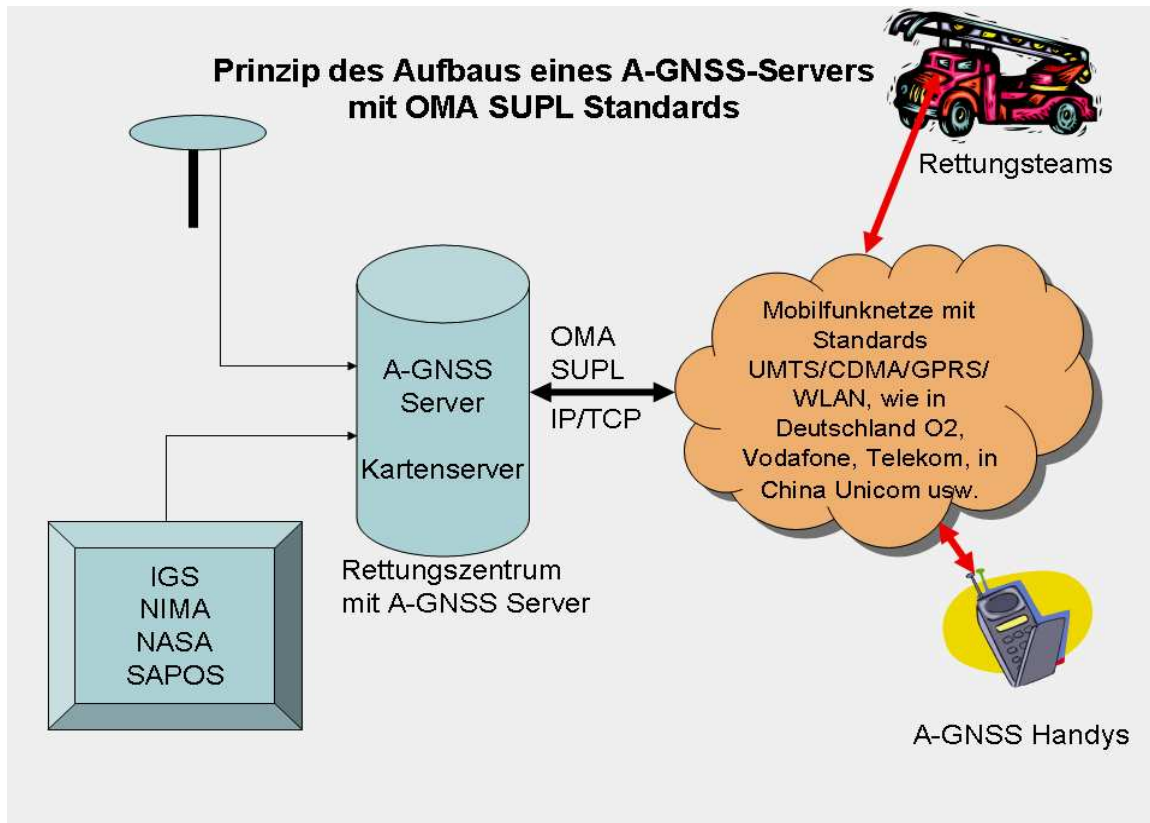


Abb.7-001: Prinzip des Aufbaus eines A-GNSS-Servers mit OMA SUPL Standards

Die wichtigste an diesem Entwurf für den Aufbau ist die Software im A-GNSS-Server. Diese Software inklusive GPS-Auswertungsfunktion soll den Standards sowohl von OMA SUPL als auch von den meisten Mobilfunknetzstandards, wie z.B. GSM/UMTS/CDMA/GPRS/WLAN, entsprechen. Sie kann die entsprechenden Assistenzdaten verpacken und zu den A-GNSS-Geräten senden. Hierfür kann man entweder komplett die Programme von Anbietern für A-GNSS-Server ausführen oder die Software selbst programmieren. Wie in Kapitel 5 erwähnt, gibt es auf dem Weltmarkt schon viel derartige Software für A-GNSS-Server, wie z.B. Global Locate, SnapTrack, SiRF, eRide etc. Die eigene Entwicklung solcher Serverprogramme erscheint deshalb nicht praktikabel und sinnvoll.

Außerdem soll der Server eine kostenlose Java Software für A-GNSS-Geräte jeder Zeit zur Verfügung stellen, damit können die A-GNSS-Geräte diese Software herunterladen, installieren und mit WAP Funktionen über das IP/TCP Protokoll den Server kontaktieren.

Bei den Mobilfunknetzanbietern in Deutschland wie O2, Vodafone, T-Mobile etc. können die Internetdienste durch GPRS/UMTS problemlos für A-GNSS-fähige Handys angeboten werden. Es wurden jedoch noch keine solchen A-GNSS-Server in Deutschland aufgebaut.

Der genannte Entwurf bietet Vorteile, so kann man diesen Server nur für spezifische Anwendungen aufbauen wie z.B. für Hochwasserrettungsaktionen. Dann muss man den Server nur im Verlauf von Rettungsaktionen und in der Regensaison betreiben, was Betriebs- und Kommunikationskosten erspart. Nachteilig ist die Mehrinvestition an Soft- und Hardware. Außerdem ist die Verwaltung der A-GNSS-Handynummern der Kunden schwierig, wogegen es jedoch keine Datenschutzprobleme gibt. Man müsste vorab alle diese Nummern in diesen Server eintragen. Die Nummern der Geräte von den Rettungsteams kann man leicht im Server registrieren und verwalten.

### 7.1.1.2. Erweiterung des Entwurfs mit WGIS

Mit dem Klimawandel nehmen Menschen bedrohende Naturkatastrophen immer mehr zu. Die Geodäten sollen ihre Aufmerksamkeit darauf richten und möglichst die neuen modernen Techniken aus ihrem Bereich im Katastrophenmanagement zur Anwendungen bringen. Viele Institute und Universitäten haben sich schon auf diese Richtung fokussiert. So führt z. B. das Fachgebiet GIS der TU München und der Runde Tisch GIS e.V. zurzeit ein Teilprojekt im Katastrophenmanagement durch. Es werden Geo Web Services für den Katastrophenschutz bei Hochwasser eingesetzt. Im Bereich des Hochwasserschutzes konzentriert sich dieses Projekt auf ein Internet-basiertes Informationssystem, das in enger Anlehnung an den Bedarf des örtlichen Katastrophenschutzes entwickelt wurde. Via OGC-konformer Geo Web Services werden dem Nutzer der Internet-Anwendung flächenhafte, für den Katastrophenschutz relevante Informationen bereitgestellt [MAYR 2006].

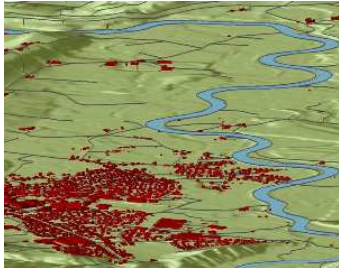


Abb.7-002-01: GIS-basierte, dreidimensionale Darstellung des südlichen Ortteils von Peissenberg [MAYR 2006]

In diesem Fall können wir den A-GNSS Server mit einer verteilten GIS-Datenbank durch OGC-Standards in Verbindung setzen. Mit der WGIS Technik können die für Rettungsaktionen relevanten Daten, wie z.B. Meteorologiedaten, Gewässerdaten, 3D-Modell usw., auch durch UMTS/CDMA/GPRS/WLAN in den A-GNSS-Server einbezogen werden (Abb.6-002-02). Der Aufbau eines solchen Servers ist ziemlich aufwendig, aber durch die Zusammenarbeit mit der GIS- Branche kann die Rettungsarbeit einfach erfolgen.

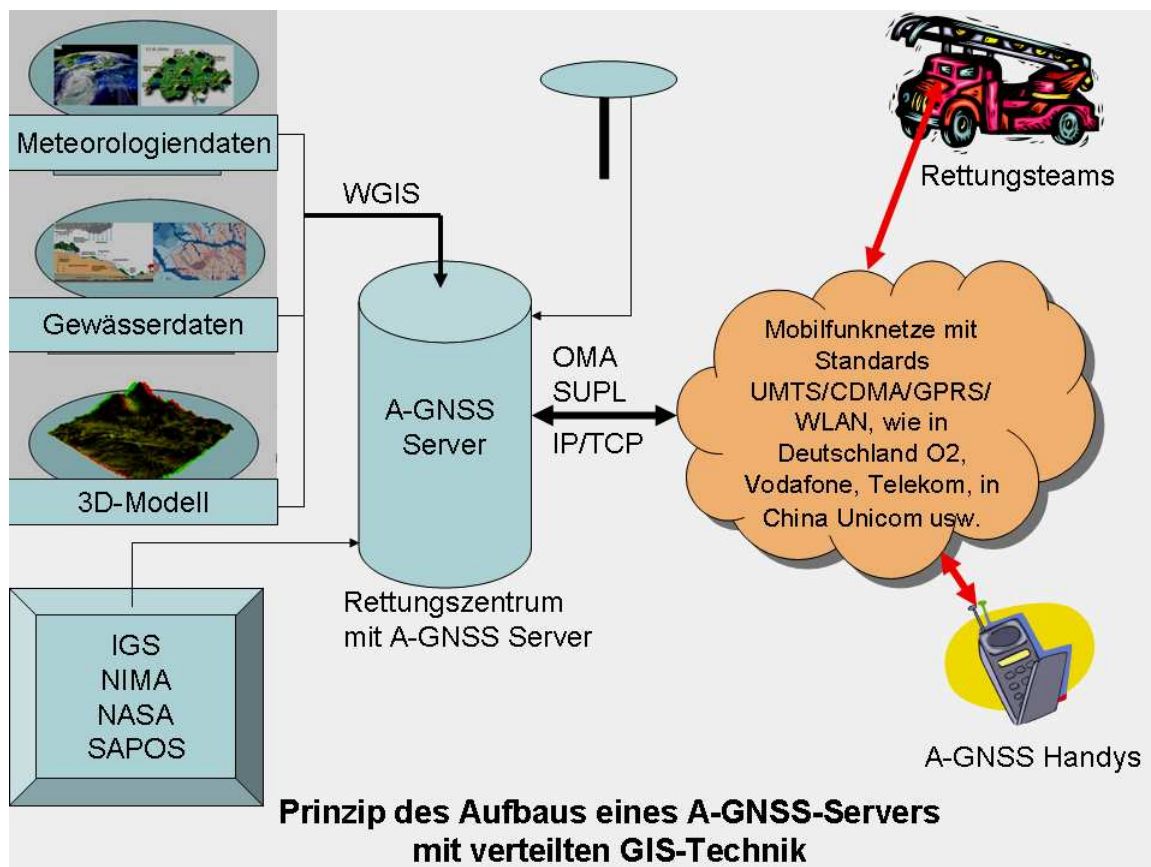


Abb.7-002-02: Prinzip des Aufbaus eines A-GNSS-Servers mit verteilter GIS-Technik

### 7.1.1.3. Entwurf zum Aufbau eines Rettungszentrums mit OMA SCPL Standards

Weil fast alle A-GNSS-Serveranbieter bereit sind, mit einem oder mehreren Anbietern von Mobilfunknetzen oder Handyherstellern zusammenzuarbeiten, z.B. Qualcomm mit Unicomm oder Global Locate mit Motorola, müssen die Mobilfunknetzanbieter noch eine zusätzliche SMLC (Serving Mobile Location Center) mit OMA SCPL Standards einrichten, um die Dienste für A-GNSS-Positionierungen zu verwalten.

Der Server, der vom Mobilfunknetzanbieter aufgebaut wird, hat folgende Funktionen zu erfüllen (Abb. 6-003):

- Austausch der Assistenzdaten zwischen A-GNSS-Server und Endgeräten
- Positions- und Telefondatenbank für Gruppenutzer
- Datenbank von digitalen Karten der betreffenden Gebiete
- Austausch der Positions- und Nachrichtendaten zwischen Rettungszentrum und Endgeräten

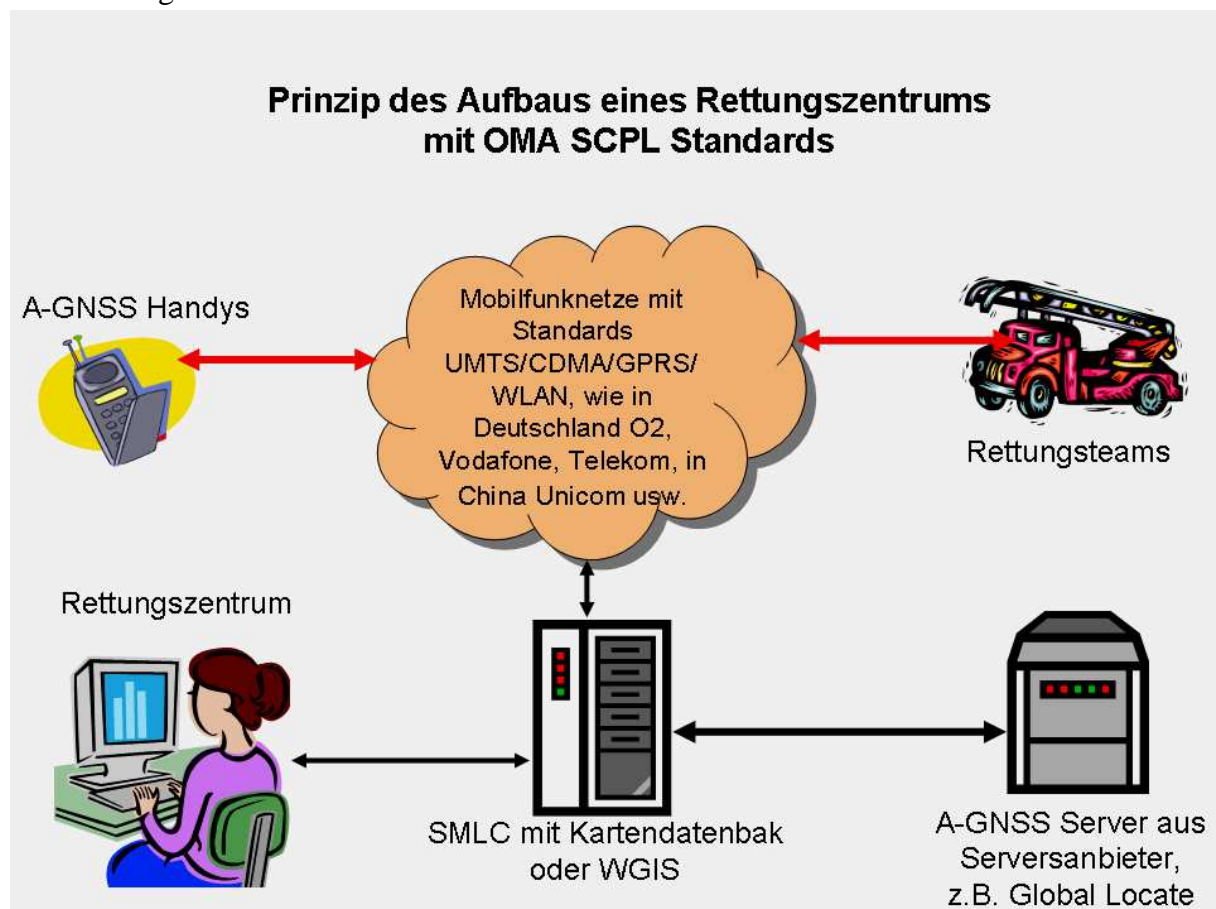


Abb.7-003: Prinzip des Aufbaus eines Rettungszentrums mit OMA SCPL Standards

In diesem Fall wird der Aufbau eines Rettungszentrums für den Katastrophenschutz relativ leicht (Abb. 6-031-03), weil man dieses Zentrum als lediglich einen Gruppenutzer betrachten kann. Für den Aufbau eines Rettungszentrums in diesem Fall müssen nur folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- Internetanschluss
- übliche Windows Betriebssysteme
- User ID und Password für SMLC
- Managementsoftware, die man von SMLC herunterlädt und die alle betroffenen Geräte verwalten und disponieren kann.

Dieser Entwurf ist sehr preisgünstig und praktisch. Er eignet sich sehr für alle Notfälle mit Benutzern von A-GNSS-Geräten eines größeren Gebiets und kann auch jahrelang in Betrieb



bleiben. Wenn dieses Rettungszentrum alle SMLCs der verschiedenen Anbieter von Mobilfunknetzen vernetzen würde, können alle Positionen von Notfällen der A-GNSS-Geräte verwaltet und die entsprechende Hilfe zugeteilt werden. Das ist eine staatliche Aufgabe. Dies ist auch ein Trend in der Entwicklung der A-GNSS-Technik, so z.B. die Entwicklung der mit A-GNSS-Chip integrierten SIM-Karte, obwohl die Mobilfunkanbieter dafür mehr aufwenden müssen.

Ein Beispiel von einem ähnlichen Entwurf eines A-GNSS-Servers ist in Kapitel 8 über die Services von U-MAP der Firma Unicomm China unter den Anwendungen zu finden.

### **7.1.2. Gestaltung von Terminals für Rettungsteams und mobile Kunden**

Wie bereits in der Zusammenfassung festgehalten werden die folgenden Bedingungen bei den Rettungsteams sowie den Kundengeräten allgemein vorausgesetzt:

Erstens muss das Gerät über einen hoch empfindlichen A-GNSS-Chip verfügen, der heutzutage nur von einigen im Abschnitt 6 erwähnten Firmen auf der ganzen Welt hergestellt wird. Weil die Signalstärke im Indoor- oder im abgeschatteten Bereich mit 5-30 dBm [WIESER et al. 2006] schwächer als unter freiem Himmel ist, muss ein hoch empfindlicher GPS-Empfänger benutzt werden, um die Positionierungsmöglichkeiten dort zu gewährleisten.

Zweitens muss das Gerät für die mobile Telekommunikation gewisse Funktionen aufweisen, z.B. als Handy, Smartphone oder kommunikationsfähiger PDA etc. Mit der Entstehung und Entwicklung der mobilen 3GPP Telekommunikationstechnik wird die Übertragungsrate der Daten mehrfach erhöht. Dies sind die Grundlagen zur Verbesserung der A-GNSS-Technik und weiterer Anwendungen.

Drittens kann das Gerät die über das mobile Netzwerk transportierten Assistenzdaten empfangen und automatisch entpacken. Obwohl der GPS-Empfänger über eine hohe Sensitivität verfügt, wird die Akquisitionszeit Indoor oder in der Abschattung sehr lange währen, wenn keine Assistenzdaten eingeführt werden. Dies kann sogar bis zu einigen Stunden dauern oder es kommt gar keine brauchbare Positionierung zustande. Wenn jedoch die Assistenzdaten wie Ephemeriden, Almanachs, Referenzstationsposition etc. durch das Netzwerk an den mobilen Stationen eingeführt werden, wird die TTFF (time to first fix) nur bis zu einigen Sekunden beanspruchen.

Viertens betrifft die Auswertefunktion des A-GNSS-Empfängers der Kunden. Die Berechnungen von MS-Based sowie Standalone, sofern das Gerät darüber verfügt, sollen im Gerät vor Ort erledigt werden.

Fünftens betreffen die Fragestellungen der Stromversorgung von A-GNSS-Empfängern. Für ein im Feld verwendetes A-GNSS-Gerät ist das wichtigste und kritische Problem die Energieversorgung, obwohl die A-GNSS-Geräte sehr sparsam im Stromverbrauch sind. Die umfangreichen Möglichkeiten der Stromversorgung für Endgeräte sowie Referenzstationen werden in Kapitel 7.3. erläutert.

Anhand obiger Untersuchungen, wie z.B. in Kapitel 5 bezüglich der Weltmärkte im Bereich der A-GNSS-Technik, können wir feststellen, dass schon zahlreiche A-GNSS-Handys existieren, die diese genannten fünf Bedingungen erfüllen. Aus der Tab.5-001 kann man diese Situation deutlich ersehen. Aber in der Praxis gibt es noch recht wenige A-GNSS-Services für solche A-GNSS Handys, so z.B. in Deutschland. In China jedoch sind schon solche Dienste

für A-GNSS-Handys aufgetaucht und wurden auch bereits in Betrieb gesetzt, wie z.B. die Dienste des U-MAPS von Unicom, die im kommenden Kapitel genauer erläutert werden. Außer den allgemeinen Bedingungen müssen sowohl die Geräte für Rettungsteams als auch die für Kunden jeweils über eigene Eigenschaften verfügen.

#### **7.1.2.1. Gestaltung von Terminals für Rettungsteams**

Die Endgeräte in der Ausrüstung der Rettungsteams sollen neben den allgemeinen Voraussetzungen die folgenden Funktionen haben.

Festlegung der benutzbaren Fahrzeuge zur rechtzeitigen Rettung und Versorgung der vom Hochwasser eingeschlossenen Personen.

Die Informationen vom Rettungszentrum, z.B. das aktuelle DGM oder digitale Fotos, kann das Rettungsteam durch WGIS aktuell erhalten. Wenn dann ein Notruf von einem von Hochwasser eingeschlossenen Menschen eintrifft, kann der Server im A-GNSS-MS-Based oder A-GNSS-MS-Assisted Modus die Position dieser Person gewinnen und entscheiden, welche Verkehrsmittel geeignet sind.

Rettungsteams müssen in der Lage sein, die Positionen von Leuten, die Hilfe brauchen, zu erfahren und zugleich die Navigationsanweisungen durch WGIS auf den aktuellen digitalen Karten aus dem Server am Endgerät angezeigt zu bekommen. Bei Landfahrzeugen ist die Erreichbarkeit des Katastrophenortes entscheidend. Hier können mit Hilfe des DGM und der aktuellen Daten nicht überflutete Straße und Wege gefunden werden.

Das Rettungsteam wird mit einem Endgerät mit A-GNSS- und WGIS-Techniken ausgerüstet. Mit geeigneten Verkehrsmitteln und den Orientierungsanweisungen am Endgerät mit der Anzeige der eigenen sowie der Position von eingeschlossenen Leuten kann das Rettungsteam die Rettungsfunktionen unschwer ausführen.

Dieses Gerät soll eigens hergestellt werden.

Ein Problem dabei bleibt die Betriebsdauer der Geräte mit einer Batterieladung. Hier können die in diesem Kapitel beschriebenen Dynamos benutzt werden.

#### **7.1.2.2. Gestaltung von A-GNSS-Handys**

Die A-GNSS-Funktionen im Handy sollen folgendermaßen gestaltet werden: Die Positionierungsfunktion soll jederzeit laufen, um sie für den Notfall unverzüglich nutzen zu können. Aber wegen der Wahrung der Anonymität dürfen ohne das Einverständnis des Kunden keine Positionen ausgewertet oder Assistenzdaten zum Server gesandt und verwendet werden. Wie oben erwähnt gibt es auf dem Markt schon zahlreiche Handys, die über A-GNSS-Funktionen verfügen. Für Notfall- und Rettungsaktion müssen diese Handys jedoch noch verbessert werden, z.B. ist dann die Anonymitätswahrung wohl sekundär.

Problematisch wird ein Ausfall des Netzes zur Mobilkommunikation im Überschwemmungsgebiet wie z.B. beim Hurrikan in New Orleans im Jahr 2005. In diesem Fall könnten für die A-GNSS-Handys wahrscheinlich die Autonomous oder Enhanced Autonomous Operations zur Anwendung kommen, z.B. die LTO (long-term Orbits) von Global Locate. Aber wie funktioniert die Kommunikation zwischen Server und Rettungsteam sowie A-GNSS-Handys? Das chinesische Beidou kann dieses Problem lösen (Kapitel 7.2.).

### 7.1.3. Konzept der Rettungsaktion mit A-GNSS-Technik

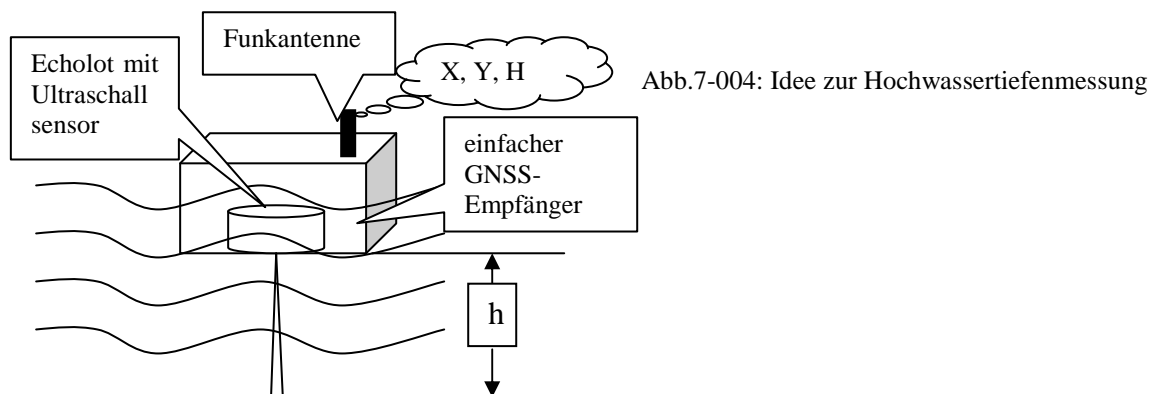
Ein A-GNSS-Server bzw. eine Rettungsplattform für Rettungsaktionen sollte drei Funktionen zur Verfügung stellen, nämlich

- Bereitstellung von digitalen Karten oder eines aktuellen Modells vom Katastrophengebiet
- Monitorüberwachung und –Kontrolle
- Empfang, Aufbereitung und Versand von Assistenzdaten.

a) Erfassung eines aktuellen Modells sowie von Informationen vom Hochwassergebiet

Wie in [SCHILCHER 2006] dargelegt ist es möglich, durch WLAN und Internet das verteilte GIS aufzubauen. In [MAYR 2006] wurde bereits das Projekt zum Aufbau eines Überschwemmungsmodells in Angriff genommen. Aber wie bekommt man das aktuelle, für Verwaltung, Kontrolle und Rettungsarbeit benötigte, digitale geographische Modell? Das Grundmodell des Überschwemmungsgebiets ist vorab leicht von zuständigen Ämtern oder Stellen zu bekommen. Für das aktuelle Modell muss man zuerst die Oberflächenhöhe von Hochwasser bestimmen. Im Falle von Flusswasser muss die Tiefe von der aktuellen Wasseroberfläche bis zur Flussbettoberfläche gemessen werden. Bei der Rettungsarbeit dient dies den Rettungsfahrzeugen der Wegfindung zu den eingeschlossenen Menschen. Dieses aktuelle Modell sollte auch auf dem Gerät mit A-GNSS angezeigt werden. Wegen in solcher Situation meist schlechter Wetterbedingungen kommt das Satellitenbild nicht in die Frage, dafür kann an möglichst robuste und einfache Sensoren vor Ort gedacht werden.

Die Monitoringeinheit (Abb.7-004) sollte über folgende Funktionen verfügen:



- Automatische Vermessung von Höhen der Wasseroberfläche bezüglich der Straßenoberfläche an zahlreichen Orten
- Positionierung des Geräts mit A-GNSS-Empfänger
- Versand von Messwerten zum Server

Deshalb sollte dieses Geräte über folgende Komponenten verfügen:

- GPS oder A-GNSS-Empfänger
- Funkantenne
- Echolot mit Ultraschallsensor

Mit solchen Geräten kann man am schnellsten mittels Ultraschallsensor (Kapitel 5) die Tiefen von einigen Orten im Überschwemmungsgebiet sammeln und mit GIS-Techniken das neue DGM gewinnen. Im Vergleich zu dem Grundmodell lässt sich genau feststellen, welche Straßen überflutet sind und wie hoch das Wasser in den Straßen steht.

Für Informationen über die Hochwassersituation kann auch eine A-GNSS-Kamera benutzt werden.

b) Monitoring und Kontrolle der Positionen von Rettungsteams und eingeschlossener Menschen.

Diese Positionen sowie die Hochwassersituation können am Servermonitor in einer digitalen Karte oder im DGM mit geeignetem Maßstab angezeigt werden. Der Server kann entscheiden, in welchen Umständen sich diese Menschen befinden und wie sie gerettet werden, z.B. mit Rettungswagen oder Hubschrauber.

Der Server kann die Positionen und Rettungsverfahren dem Rettungsteam mitteilen.

c) Empfang, Aufbereitung und Versand von Assistenzdaten

Wenn nötig, sollte ein Server am Rettungszentrum aufgebaut werden, um die Assistenzdaten wie Almanachs und Ephemeriden durch 24stündige Beobachtungen mit einer Referenzstation oder im internationalen GPS-Netz z.B. IGS vorbereiten und ausliefern zu können. Außerdem soll der Server die Fähigkeit zur Positionsauswertung für den Modus MS-Assisted aufweisen. Mit der Hilfe von Mobilfunkanbietern wie z.B. Unicom Chinas oder A-GNSS-Chipherstellern wie z.B. Global Locate kann der Kunde den Aufbau des Servers bei der Assistenzdatenaufbereitung sowie den Kartenserver ganz oder teilweise ignorieren. Der Global Locate Server kann die Assistenzdaten direkt zum Kunden ausliefern, dabei gibt es auch eine Schnittstelle zur Anbindung des vom Kunden benutzten Kartensystems. Der Server von Unicom China hat den Kunden sowohl die Assistenzdaten als auch die digitalen Karten zur Verfügung gestellt. Die Kunden benötigen nur einen Computer mit Internetanschluss um alle zugehörigen Terminals zu verwalten und kontrollieren, und auch jedes Terminal kann die Assistenzdaten direkt von diesem Server bekommen (Kapitel 9).

Die Vorgehensweise für die Rettungsaktionen wird in Abb.7-005 detailliert dargestellt.

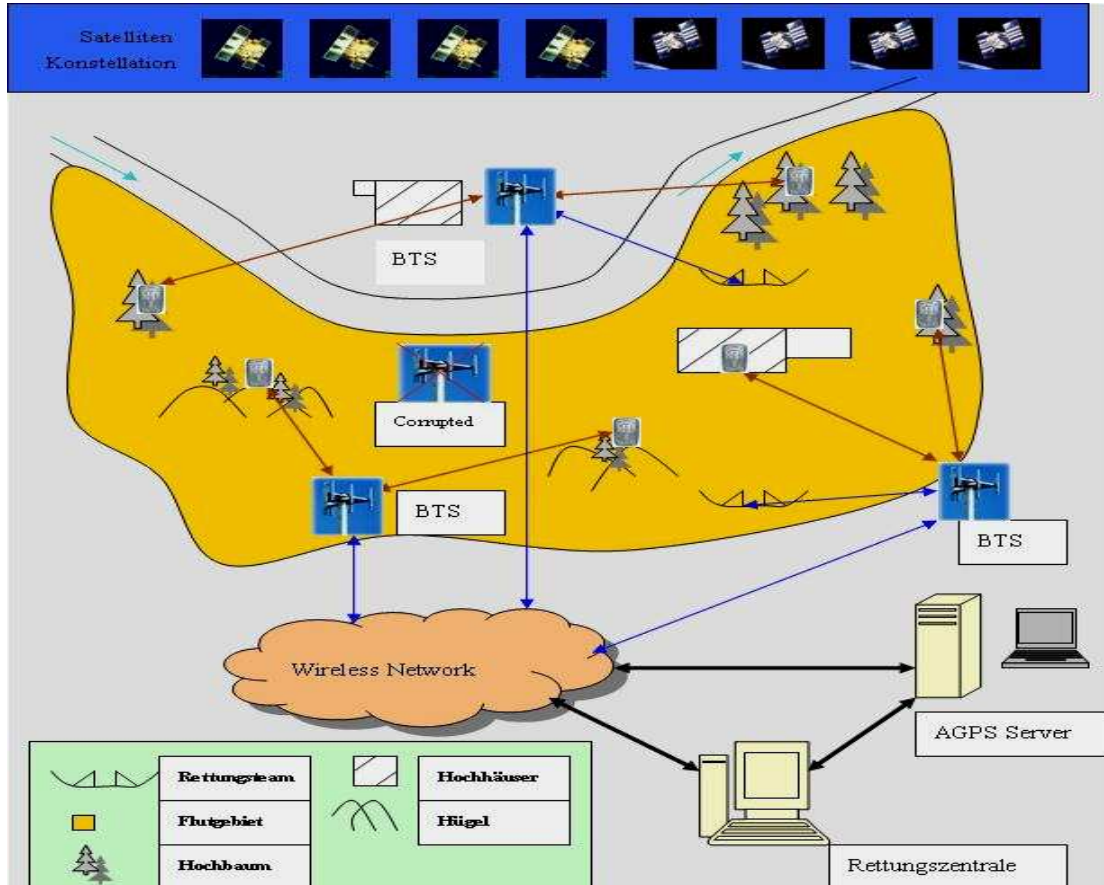


Abb.7-005: Prinzip der Rettung von durch Hochwasser eingeschlossenen Menschen

- Digitale Übersichtskarten des Überschwemmungsgebiets von zuständigen Stellen via Geoportal selektieren und zusammen mit aktuellen Messungen das aktualisierte DGM bekommen.
- Die Positionen der Rettungsteams im Server anzeigen.
- Die Positionen von eingeschlossenen Menschen im Server erhalten und zum nächsten Rettungsteam senden.
- Die eigene Position des Rettungsteams und die der eingeschlossenen Menschen auf dem Endgerät am Rettungsteam anzeigen und die Rettungsaktion starten.

## **7.2. Anwendungspotenzial der Kombination von BEIDOU- mit A-GNSS Technik im Hochwasserschutz**

Im letzten Moment ist eine Verhandlung zwischen China und der EU über den Aufbau von Kontrollstationen in China leider gescheitert. Hinsichtlich seiner Rolle in Galileo will sich China vielleicht vom Programm zurückziehen und lieber das eigene CNSS aufbauen. Außerdem spielt GPS in China schon eine wichtige Rolle. Mit dem ganz besonderen Merkmal der gegenseitigen Kommunikationsfähigkeit zwischen Beidou-Satelliten und Endgeräten erweist sich die Kombination von GNSS und Beidou in den Anwendungen des Katastrophenschutzes offenkundig als wichtig, insbesondere bei schweren Katastrophen wie einem Hochwasser mit Zusammenbruch des Mobilfunknetzes.

Wie der Wissenschaftsrat des staatlichen Erdbebenministeriums in Peking bei der Argumentationssitzung feststellt, ist das Beidou-System für die Menschen ein überlebensnotwendiges Projekt. Das heißt, bei einigen großen Katastrophen wie schwerem Erdbeben, mächtigem Hochwasser, riesigem Tsunami oder gewaltigem Hurrikan, werden wahrscheinlich alle Mobilfunknetze und sogar das Festtelefonnetz zerstört. Die Rettungsarbeit wird deshalb in eine schwierige Lage geraten. Mit dem Beidou-System lässt sich dieses Problem aber lösen, weil die Positionen durch Satelliten problemlos gegenseitig übertragen werden können. Allerdings ist eine massenweise Ausrüstung dafür noch schwer möglich.

Um sowohl die Verbindung mit den verschiedenen Mobilfunknetzen und dem Internetnetz als auch die innere Kommunikation im Betriebszentrum zu gewährleisten, hat das Beidou-Betriebszentrum einen Schnittstellenserver aufgebaut. Durch die von diesem Server angebotenen Gateways können die normalen Zivilkunden das Beidou-System benutzen [TIAN HONG 2006].

Es sei nun ein Handy mit Kombinationstechniken des Beidou und A-GNSS vorausgesetzt.

### **7.2.1. Vorgehensweise mit Mobilfunknetz und Internetnetz:**

In diesem Fall kann die Rettungsarbeit wie in oben beschriebener Lösung problemlos funktionieren. Zusätzlich kann die Rettungsarbeit gleichzeitig Beidou-System und Mobilfunknetz benutzen.

Das Handy des vom Hochwasser eingeschlossenen Menschen mit Beidou-Funktion oder das Gerät beim Rettungsteam empfängt die Anfragesignale, die von der Kontrollstation ausgesandt wurden.

Über die Beidou-Satelliten senden die Endgeräte Signale und Informationen zur Kontrollstation. Die Kontrollstation berechnet die Koordinaten des Handys und überträgt diese sogleich mit den von den Endgeräten aufgenommenen Informationen zum Betriebszentrum.

Die Koordinaten werden durch Gateways im Server und das Mobilfunknetz zur Verwaltungsstation des Rettungszentrums gesandt. Über eine spezielle Leitung können die Koordinaten und Nachrichten direkt zum Krisenstab der Regierung gesandt werden.

Die Verwaltungsstation sendet die Koordinaten direkt durch einen Dispatcher und das Mobilfunknetz zu den Endgeräten.

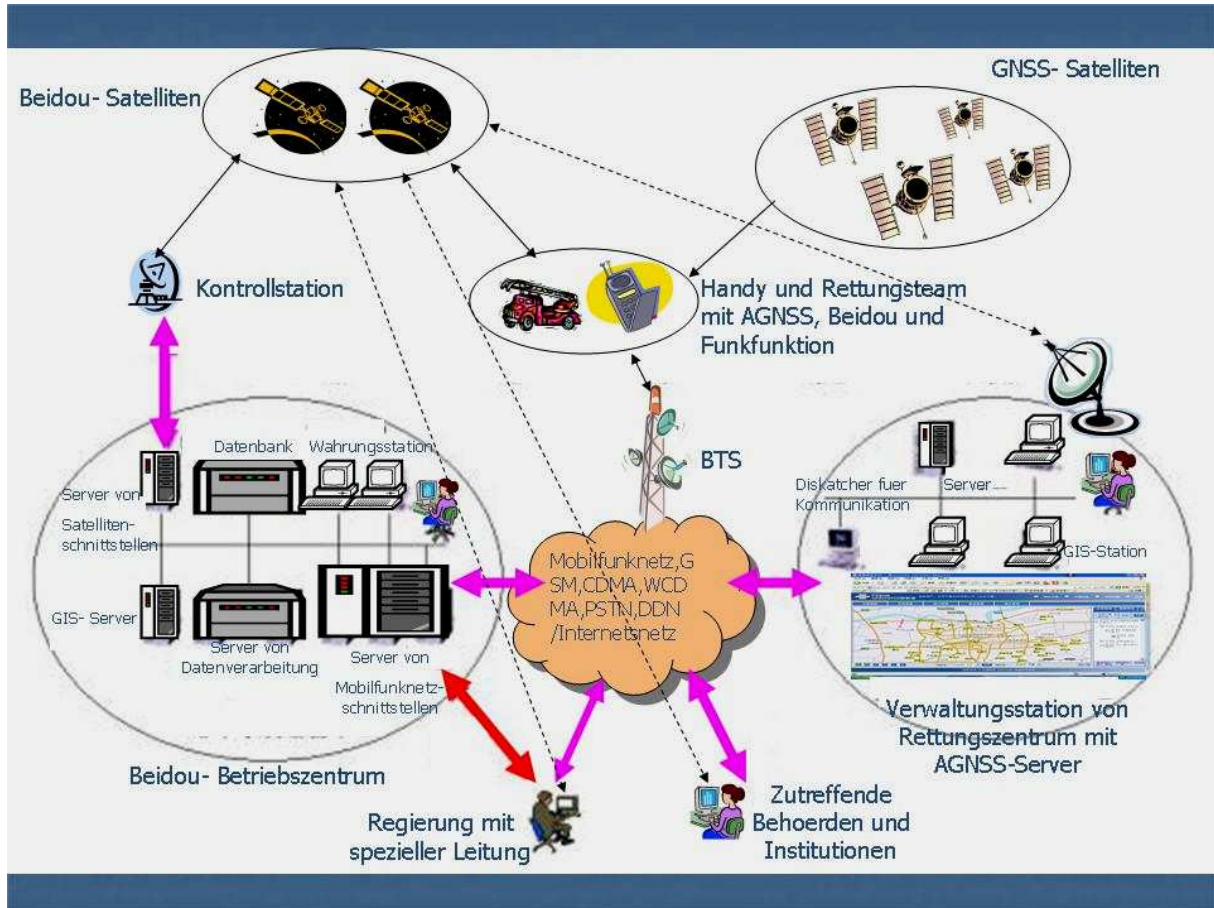


Abb.7-006: Arbeitsschema zur Rettungsaktion mit A-GNSS, Beidou und öffentlichen Mobilfunk- und Internetnetzen

### 7.2.2. Vorgehensweise bei Zusammenbruch des Mobilfunk-, Internet- und Festtelefonnetzes:

In diesem Fall besteht auch die Möglichkeit, die Positionen von eingeschlossenen Personen zur Kommandostation der Rettungsaktion zu übertragen und zu berechnen.

Das Handy des vom Hochwasser eingeschlossenen Menschen mit Beidou-Funktion oder das Gerät beim Rettungsteam empfängt die Anfragesignale, die von der Kontrollstation ausgesandt wurden.

Über die Beidou-Satelliten senden die Endgeräte die Signale und Informationen zur Kontrollstation. Die Kontrollstation berechnet die Koordinaten des Handys und überträgt diese sogleich mit den von den Endgeräten aufgenommenen Informationen zum Betriebszentrum.

Das Betriebszentrum überprüft die Koordinaten und Nachrichten und sendet diese wieder zur Kontrollstation.

Die Kontrollstation sendet die Koordinaten zu den Beidou-Satelliten.

Durch die Satelliten können die Koordinaten zur Kommandostation, zum Krisenstab der Regierung und an betreffende Behörden und Institutionen übertragen werden.

Die Positionen werden in der Verwaltungsstation angezeigt und die Rettungsaktion kann unmittelbar anlaufen.

### 7.2.3. Vorgehensweise bei Absturz aller Infrastrukturen inklusive Kontroll- und Betriebsstation des Beidou-Systems.

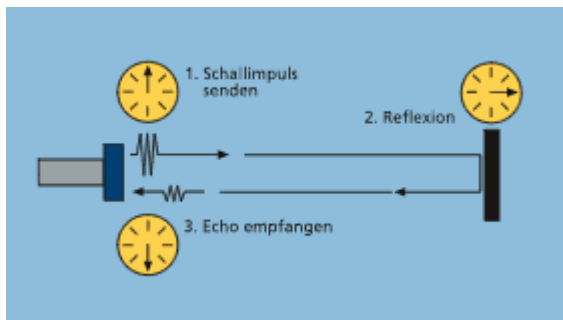
Auch wenn die Kontrollstation sowie die Betriebsstation im Katastrophenfall total abstürzt ist, kann man die GNSS-Technik mit Beidou kombiniert verwenden. Beidou funktioniert nur für die Kommunikation zwischen den eingeschlossenen Menschen und Satelliten sowie zwischen Satelliten und den Rettungsteams oder Kommandozentren. Die Koordinaten können nicht mit Beidou berechnet werden, weil die Kontrollstation nicht weiter funktioniert. In diesem Fall ist Galileo sowie GLONASS offenkundig sehr wichtig, weil gar keine Assistenzdaten mehr durch das Mobilfunknetz eingeführt werden können und das Handy von eingeschlossenen Menschen nur alleine durch Empfang von Satellitensignalen im A-GNSS-Modus Standalone die Position berechnen muss. GNSS bietet mehr Satelliten für die Positionierung an unter ungünstigen Bedingungen mit relativ langen TTFF. Die durch GNSS ausgewerteten Koordinaten können durchs Handy mit Beidou-Funktionen zu den Beidou-Satelliten gesandt werden. Über die Beidou-Satelliten können die Koordinaten weiter zum Rettungszentrum oder zur Verwaltungszentrale übertragen werden. Das ist eine einfache, aber leistungsfähige Maßnahme bei ernststen Katastrophen, die Beidou-Satelliten bieten die Kommunikation an und GNSS berechnet die Koordinaten.

## 7.3. Anwendungen in der Überwachung (Monitoring) für Hochwasser- oder Eisstoß

### 7.3.1. Ultraschalltechnik sowie Bioenergie für A-GNSS-Anwendungen

#### 7.3.1.1. Ultraschalltechnikanwendungen bei Wassertiefenmessung

Das Prinzip der Ultraschalldistanzmessung beruht auf der Laufzeitmessung von Schallwellen in einem Medium (Abb.7-007). Der Ultraschallsensor strahlt zyklisch einen kurzen, Hochfrequenzen-Schallimpuls aus. Dieser pflanzt sich mit Schallgeschwindigkeit in den Medien wie in der Luft oder im Wasser fort. Trifft er auf ein Objekt, wird er dort reflektiert



und gelangt als Echo zurück zum Ultraschallsensor. Aus der Zeitspanne zwischen dem Aussenden des Schallimpulses und dem Empfang des Echosignals berechnet der Ultraschallsensor intern die Entfernung zum Objekt [INTERNET 37].

Abb.7-007: Prinzip der Ultraschalldistanzmessung [INTERNET 37]

Für die Wassertiefenmessung wird das Echolot angewandt. Außer allgemeinen Anwendungen wie in der Fischerei kann diese Technik auch zur Flusswassertiefenmessungen in der Pegelstation zusammen mit Kommunikationstechniken benutzt werden. Auf dem Markt werden bereits zahlreiche derartige Produkte hergestellt und genutzt. Die Firma OTT bietet

Produkte für Hydrometrie, Meteorologie und Umwelttechnik an. An Produkten zur Messung der Wassertiefe sowie des Wasserzustands existieren beispielsweise aus dem Sortiment der Firma OTT [INTERNET 38]:

#### **7.3.1.1.1. Datenerfassungsgerät:**

##### ► Der SLD

Der SLD ist ein Messsystem zur kontinuierlichen Erfassung von Fließgeschwindigkeit und Wasserstand (optional) in natürlichen und naturnahen Fließgewässern. Das System arbeitet nach dem akustischen Doppler-Prinzip und liefert auch bei Hochwasser und hohen Schwebstofffrachten zuverlässige Messergebnisse. Der SLD besteht aus einem Messkopf mit Ultraschallsensoren, die seitlich in das Gewässer „hineinschauen“ (Side Looking Doppler).

Die Installation eines Dopplersystems ist kostengünstig und mit wenig bautechnischem Aufwand zu realisieren. Der extrem optimierte Stromverbrauch erlaubt einen autarken Betrieb mit einer Solaranlage.



In Verbindung mit dem Stationsmanager LogoSens® ist der SLD zu einem kontinuierlich arbeitenden Durchfluss-Messsystemen ausbaubar. Hierzu wird der Sensor über die integrierte SDI-12-Schnittstelle an den LogoSens® angeschlossen. Dieser berechnet dann aus Wasserstand und Fließgeschwindigkeit den Durchfluss und überträgt die Messdaten über Telefon, GSM oder Satellit zur Datenzentrale.

Abb.7-008: OTT SLD Datenerfassungsgerät [INTERNET 38]

##### ► DuoSens

Der Datenlogger ist ein speziell für die Hydrometrie, Meteorologie und Umwelttechnik konzipierter Stationsmanager. Die wesentlichen Funktionen sind die Erfassung, Speicherung, Verarbeitung, Steuerung und Übertragung von Umweltdaten.

Die DuoSens Ausführungen bieten sehr umfangreiche Sensor-Anschlussmöglichkeiten. Alle wichtigen Datenübertragungssysteme bzw. -dienste werden unterstützt. Ein komplettes Alarmmanagement komplettiert das Leistungsspektrum des DuoSens.

#### **7.3.1.1.2. Datenübertragungsgerät:**

##### ► Der HDR

Der HDR ist ein über das Global Positioning System (GPS) gesteuerter Satelliten-Transmitter (Sendeeinheit). Er gestattet den Aufbau von Messstellen mit Datenübertragung (DCP, Data Collecting Platform) über die Satelliten METEOSAT und GOES. Im Master-Slave-Aufbau arbeitet der HDR als Slave-Sendemodul eines angeschlossenen Datensammlers. Der Aufbau mit einem Stationsmanager LogoSens garantiert eine einfache und bequeme Konfiguration.

Für den Anschluss von Fremd-Datensammlern steht eine RS232 Schnittstelle zur Verfügung. Ansteuerung und Übergabe der Daten wird über ein entsprechendes Seriellprotokoll realisiert.

##### ► ITC

Mit der intelligenten Brunnenkappe ITC können Grundwasserdatensammler kostengünstig zu kompletten DFÜ-Anlagen mit Alarmfunktion aufgerüstet werden. Die Daten werden per SMS





bzw. über GSM-Verbindung von der ITC selbständig oder per Abruf im vorgegeben Zeitfenster an die Datenzentrale übertragen. In Verbindung mit dem neuen Orpheus Mini GW-Datensammler lassen sich Grenzwerte überwachen und Alarmierungsmitteilungen versenden.

Abb.7-009: OTT ITC Datenübertragungsgerät [INTERNET 38]

### 7.3.1.1.3. Stationslösung:

#### ► MicroStation

Die MicroStation ist eine komplett ausgestattete Messstation für Grund- und Oberflächengewässer, die wahlweise mit einer GSM-Kommunikationseinheit ausgestattet werden kann. Sie beinhaltet die Komponenten Sensor, Datenlogger, Kommunikationseinrichtung sowie eine Spannungsversorgung mit 6,5 Ah Akku. Die MicroStation ist werkseitig auf einem Baugruppenträger montiert, der bei der Installation mit wenigen Handgriffen auf ein bestehendes Pegelrohr montiert wird.



Die Datenübertragung und Programmierung erfolgt mittels PC, Pocket PC oder Auslesegerät vor Ort via RS232(IrDA) oder über eine GSM Fernübertragung.

Ein abschließbares und überflutungssicheres Gehäuse (Tauchglockenprinzip) gewährt der MicroStation den notwendigen Schutz vor Witterung, Überschwemmung und unberechtigtem Zugriff.

Abb.7-010: MicroStation für Gewässermessungen [INTERNET 38]

#### ► CompactStation

Die CompactStation ist eine komplett ausgestattete Messstation, die dank einer Solar-Spannungsversorgung und GSM-Kommunikationseinheit vollständig autark arbeitet. Sie benötigt keinerlei externe Versorgungsleitungen und ist an einem Tag schnell und preiswert aufstellbar.

Die CompactStation beinhaltet bereits alle zum Betrieb einer Messstelle notwendigen Komponenten: Sensoren, Datensammler, Kommunikationseinrichtung sowie Spannungsversorgung. Sie sind werkseitig auf einem Baugruppenträger montiert, der bei der Installation mit wenigen Handgriffen in die Station eingesetzt wird. Ein überflutungssicheres Gehäuse (Tauchglockenprinzip) gewährt auch hier dem Baugruppenträger den notwendigen Schutz vor Witterung, Überschwemmung und unberechtigtem Zugriff.



Im Standardfall besitzt die CompactStation einen Standfuß mit Fußplatte zum Befestigen auf einem Betonfundament. Alternativ ist auch die Anbringung an Brücken oder Wänden möglich. Ein Mast trägt zur Spannungsversorgung bis zu 2 Solarpanels sowie eine Antenne. Ebenso kann er zur Befestigung für meteorologische Sensoren dienen.

Die Datenkommunikation erfolgt wahlweise per GSM-Modem, Funk oder über Satellit.

Abb.7-011: CompactStation für Wassermessungen [INTERNET 38]

### 7.3.1.2. Dynamos/Bioenergie für A-GNSS-Geräte

Sowohl die passiven wie A-GPS, A-Galileo als auch die aktiven wie A-CNSS Geräte benötigen externe Energie, wenn sie im Außendienst lange betrieben werden, obwohl derartige Chips sehr energiesparend arbeiten können. Mit der Verschlimmerung des Klimas sind die Bioenergie-Techniken weiter entwickelt worden. An für A-GNSS geeigneten Energien kommen Windkraft, Wasserkraft, Solarenergie sowie Strom aus Dynamos in die Frage.

#### 7.3.1.2.1. Wasserenergie



Der von HeaTec Thermotechnik GmbH produzierte Wassergenerator stellt Strom bis zu einer Spannung von 12 Volt zur Verfügung (Abb.7-012) [INTERNET 39]. Diesen Dynamo kann man in einer Pegelstation einsetzen.

Abb.7-012: Wasserdynamo von HeaTech [INTERNET 39]

#### 7.3.1.2.2. Windenergien

##### ► Superwind Windgenerator [INTERNET 40]:

Der von Superwind GmbH produzierte Superwind arbeitet vollautomatisch und kann völlig unbeaufsichtigt selbst in den entlegensten Regionen der Welt eingesetzt werden. Dieser Generator liefert 12/24 Volt Strom und der Komplettlösungspreis ist 1600€.



Abb.7-013: Superwind Generator [INTERNET 38]

##### ► Windgenerator Air-X Marine [INTERNET 41]:

Air-X marine mit der neuen Elektronik sorgt für eine bessere Ladung auch von kleinen Batterien und bremst den Windgenerator bei zu starkem Wind ab. So reduziert sie den Geräuschpegel erheblich. Die Nennleistung beträgt 400W bei 12,5 m/s Windgeschwindigkeit. Der integrierte 12V - oder 24V - Regler ist auf Gel- oder Flüssigbatterien einstellbar. Der Preis beträgt 972€.



Abb.7-014: Windgenerator Air-X Marine [INTERNET 38]

##### ► Der kleine Windgenerator:

Der von Kosmus hergestellte kleine Windgenerator wird mit dem einfachen GIGO-Stecksystem zusammengebaut. Ein mehrstufiges Zahnradgetriebe wandelt die Winddrehzahl so um, dass ein elektrischer Generator angetrieben und damit Strom erzeugt werden kann. Der Preis beträgt nur bis zu 30€. Dies eignet sich sehr für die Handys, die lange benutzt wurden und denen wenig Energie im Außendienst verbleibt.

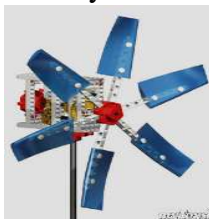


Abb.7-015: Kleiner Windgenerator

#### 7.3.1.2.3. Solarenergien

##### ► Solaranlage und Solarbatterien [INTERNET 40; INTERNET 42]:

Phaesun Solar Power Batterien sind für alle Freizeitanwendungen geeignet, wie z.B. Camping und Caravaning, Boote und Yachten, Wochenendhäuser aber auch professionelle Anlagen. Die Kosten betragen bis maximal 345€. Die angebotene Spannung reicht bis 12 V und kann maximal bis 250 Stunden genutzt werden.



Abb.7-016: Phaesun Solar Batterien

Eine Solaranlage ist bestens geeignet für alle Anwendungen rund um die Batterieladung.

In Kombination mit einer Solaranlage können Solarbatterien biologisch und sparsam geladen werden, z.B. Solarset mit 50Wp<sup>3</sup> Leistung, als 12 V System nutzbar (Abb.7-017). Mit Hilfe eines Wechselrichters kann man neben 12V- oder 24V-Verbrauchern auch 230V-Elektrogeräte bis 300W Leistung betreiben. Dies kostet 369€ und erscheint sehr geeignet für Rettungsteams.

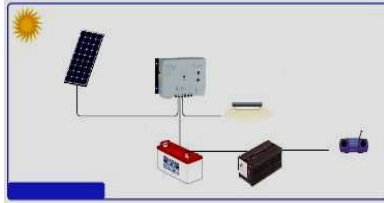


Abb.7-017: Kombination mit Solaranlage und Solarbatterie [INTERNET 42]

### 7.3.1.3. Solar -Handydisplay

Die Nutzung von Solarenergie als Stromquelle für Mobiltelefone scheint für große Hersteller Motorola und Nokia immer interessanter zu werden. Das Solarpanel soll dabei hinter dem Display sitzen und für den Kunden unsichtbar bleiben. Nokia habe derzeit in seinem Labor einen 200x200 Pixel Prototyp. Mittelfristig sollen sich mit dieser Technologie auch ganze Handys unabhängig vom Stromnetz betreiben lassen. Wann das geschieht, ist derzeit noch nicht bekannt? [INTERNET 50]

### 7.3.1.4. Handdynamos

Auf dem Markt gibt es schon einen Dynamo (Abb.7-018), der speziell für Handys oder PDA, die für die Reise oder Notfälle konzipiert ist. Durch Handdrehung von 2 bis 3 Minuten kann die erzeugte Elektrizität von DC 6V 180 mA das Handy 5 bis 8 Minuten versorgen. Dieses Gerät ist nur 110g schwer und sehr geeignet für A-GNSS-Handys.



Abb.7-018: Handdynamo für Handy

## 7.3.2. Aufbau einer Pegelstation

Mit einem Ultraschallsensor (Kapitel 7.3.1.), einem Funkgerät und einem Wasserdynamo (Kapitel 7.3.1.) kann eine Pegelstation für einen Fluss aufgebaut werden (Abb.7-019). Der Wasserdynamo stellt dem Ultraschallsensor und dem Funkgerät kontinuierlich Energie zur Verfügung. Der Ultraschallsensor misst in regelmäßigen Zeitabständen die Tiefe zur Wasseroberfläche und sendet sie zum Funkgerät, welches die Messwerte zur Zentrale sendet. Dort wird das aktuelle Flussmodell berechnet.

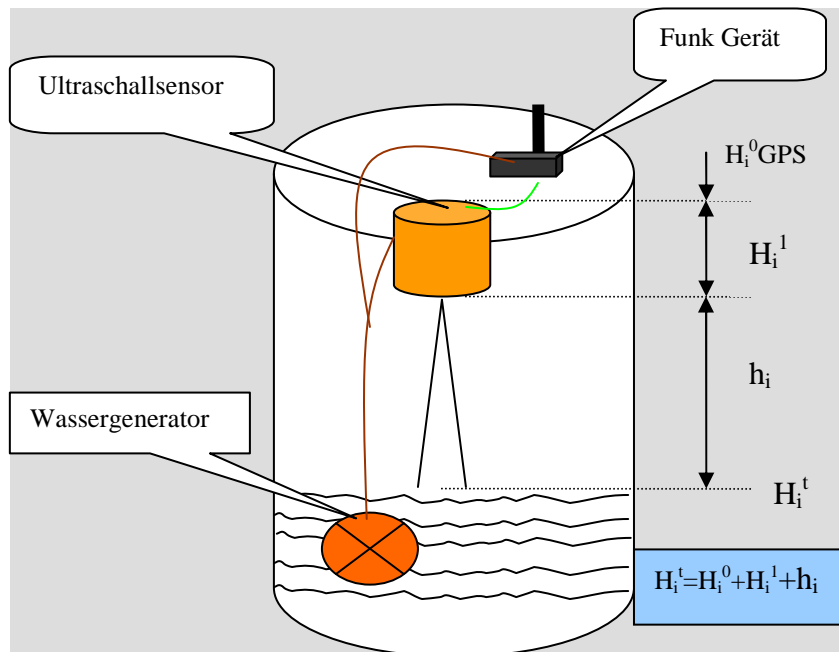


Abb.7-019: Überwachungsstation mit Ultraschallsensor

<sup>3</sup> Ein Solarmodul produziert seine in Wp angegebene Leistung, wenn strahlender Sonnenschein (1000W je Quadratmeter Einstrahlung) senkrecht auf das Solarmodul trifft [INTERNET 49].

### 7.3.3. Aufbau einer Überwachungsstation

Eine Überwachungsstation besteht aus einem Ultraschallsensor, einem GPS-Receiver, einer GPS-Antenne, einem Windenergiegenerator (Kapitel 7.3..1.) und einem Funkgerät (Abb.7-020).

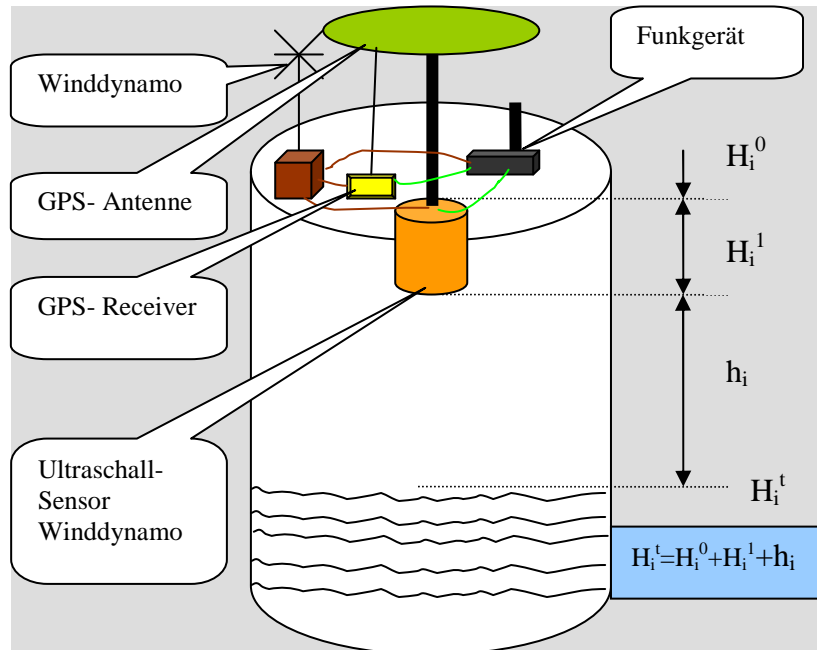


Abb.7-020: Überwachungsstation mit GPS-Empfänger

Der Winddynamo stellt den Strom für die anderen Geräte zur Verfügung. Wie in der Pegelstation wird die Tiefe zur Wasseroberfläche gemessen. Der geodätische GPS-Empfänger beobachtet die Satelliten und sammelt die Signale. Tiefenwerte und GPS-Daten werden durch das 3G-Funkgerät zur

Zentrale gesandt. Die Zentrale kann die Position der Station zentimetergenau auswerten und so die Deformation von Deichen kontrollieren. Gleichzeitig wird das aktuelle Modell vom Fluss berechnet.

Im Vergleich zum anderen Überwachungsnetz, wie z.B. für einen Damm, wird hier das 3G-Funknetz statt eines Kabels genutzt, die Kabelverlegung für eine solche Deichüberwachung würde zuviel kosten.

### 7.3.4. Aufbau eines A-GNSS-Überwachungsnetzes zum Hochwasser- und Eisstoßschutz

Die Druckkraft auf das Flussufer wird mit der Erhöhung des im Fluss gesammelten Wassers immer größer und am Ufer wird eine Deformation auftreten. Wenn diese nicht rechtzeitig kontrolliert und saniert wird, entstehen durch Uferausbrüche Hochwasserkatastrophen. Früher wurden in der Regenjahreszeit GPS-Empfänger auf den Überwachungsstationen an häufig betroffenen Ufern aufgebaut, die Beobachtungen regelmäßig ausgewertet und verglichen haben. Diese Daten sind jedoch nicht aktuell und obwohl es bei GPS-Beobachtungen nicht auf die Witterungsbedingungen ankommt, werden diese Beobachtungen in der Realität doch nicht laufend durchgeführt. Vor allem ist die Energieversorgung das große Problem.

Für den Zustand von schwachen Dammdeichen, die öfter dem Hochwasser ausgesetzt sind, kann ein Überwachungssystem mit der Technik des W-GPS (Kapitel 4) aufgebaut werden. Unter W-GPS versteht man hier Wireless GPS. Im Vergleich zum DGPS werden bei W-GPS die 24stündigen Beobachtungsdaten von kostengünstigen L1-Empfängern durch das 3G Wireless Network von der Messstation zur Verarbeitungsstation übertragen. Die Auswertungsarbeit erledigt die Zentralstation und die Genauigkeit der Positionierung erreicht

den Zentimeter. Dieses System besteht aus einem Server- und Rechenzentrum, Pegelstationen, Überwachungsstationen und dem Kommunikationsnetzwerk (Abb.7-023).

Wenn die umweltfreundliche Windkraftenergie und der Mobilfunk oder Internetanschluss eingesetzt werden, kommt man in den Genuss der großen Vorteile des Hochwasserüberwachungsnetzes. So kann man z.B. die hochaktuellen Daten von den Überwachungsstationen und sekundenschnell die Beobachtungen zu Satelliten erhalten, die Koordinatenergebnisse auswerten und vergleichen. Dann wird die Deformation aktuell kontrolliert und die entsprechenden Maßnahmen durchgeführt. Dazu ist es ausreichend, die aus Windkraft erzeugte Energie für die in der Station eingesetzten Geräte zu nutzen, dies ist überdies kostengünstig. Mit Ultraschalltechnik kann der aktuelle Wasserstand des Flusses an wichtigen Stellen automatisch gemessen und per Funk oder Internet zur Zentrale übertragen werden. Die Geräte auf den Stationen können unbeaufsichtigt aufbewahrt werden, auch das ist kostengünstig.

Die Zielsetzungen sind wie in der Abb.7-021 dargestellt:

- Deformationskontrolle des Ufers im Überschwemmungsgebiet
- Automatische Wasserstandsmessung durch Ultraschallsensor
- Automatische Luft- und Wassertemperaturmessungen
- Wassergeschwindigkeitsmessung
- Foto-Videoüberwachung
- Erfassen eines aktuellen Modells des Flusses
- Überwachung des von häufigem Hochwasser geschwächten und bedrohten Deiches
- Analyse und Statistik des Bewohner und Flächen bedrohenden Hochwassers.

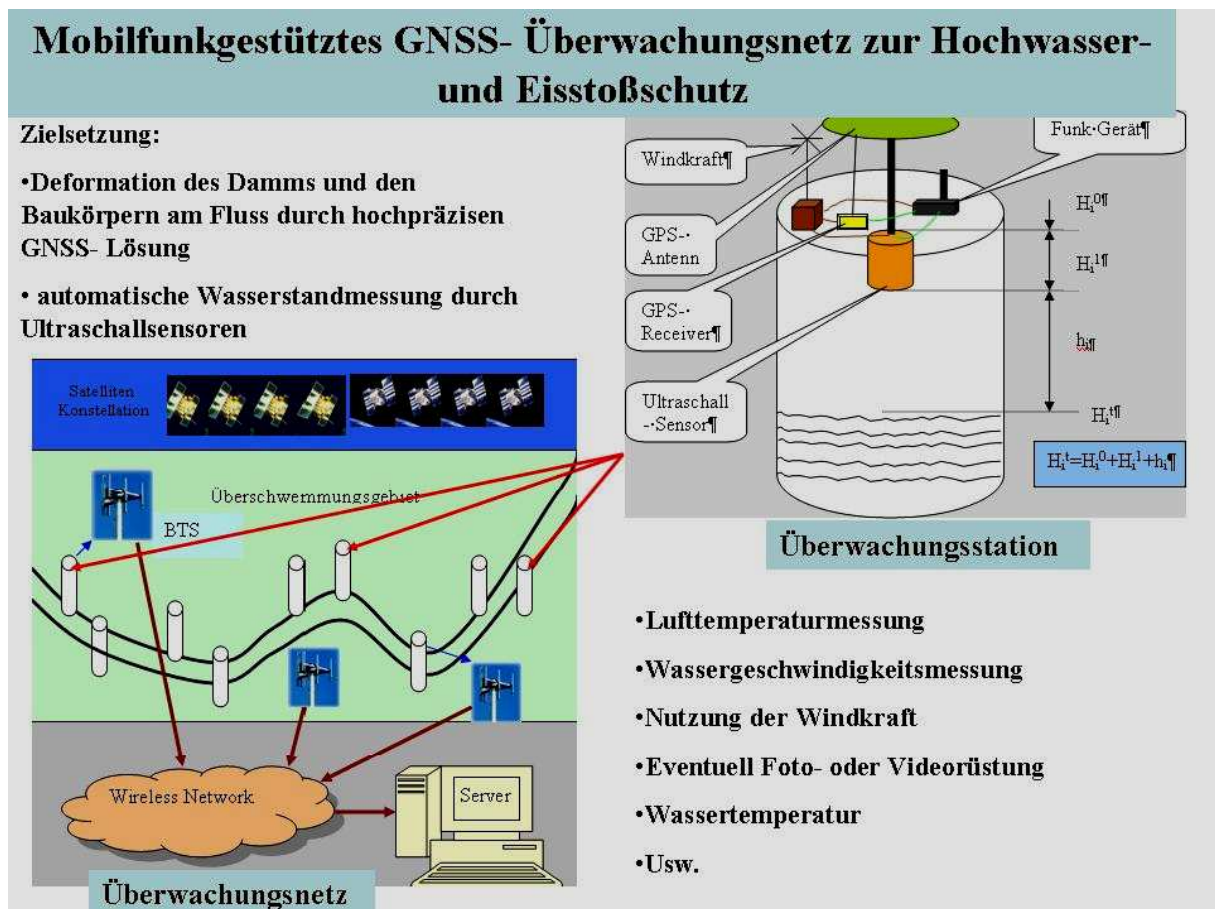


Abb.7-021: Mobilfunkgestütztes GNSS-Überwachungsnetz zum Hochwasser- und Eisstoßschutz

## 7.4. Anwendungen des A-GNSS zur Frühwarnung vor Eisstoßbedrohung

### 7.4.1. Eiszustandsermittlung mit A-GNSS-PDA

Der Eiszustand soll rechtzeitig gemessen und zur Zentrale übertragen werden. Zugleich werden auch die vor Ort gemessenen Temperaturen gesandt. Die am Ort gemessenen Eiszustandsdaten wie z.B. Eismenge, Eisdichte, Eisqualität, Wassergeschwindigkeit und Lufttemperaturen usw. werden vom Vermessungstechniker zurzeit noch in einer Tabelle auf Papier ausgefüllt und danach verarbeitet. Das kostet Zeit und es kommen öfters Fehler beim Datentransfer vor. Die Positionen der bereits vorgenommenen und ausgewerteten Messungen werden normalerweise immer vorher in regelmäßigen Abständen festgelegt. Die an einer neuen Position notwendigen Messungen können nicht eingesetzt werden, solange die Position nicht gemessen ist. In diesem Fall kann ein neues A-GNSS-Eiszustandsmessegerät mit mobilen Kommunikationsfunktionen zum Einsatz kommen. Man kann an jedem Ort, wo eine Messung nötig ist, den Eiszustand bestimmen. Die gemessenen Daten werden sofort über das Wireless Network zur Datenzentrale übertragen. Mit einem GIS-System können die Daten analysiert und ein aktuelles Modell erhalten werden (Abb.7-022).

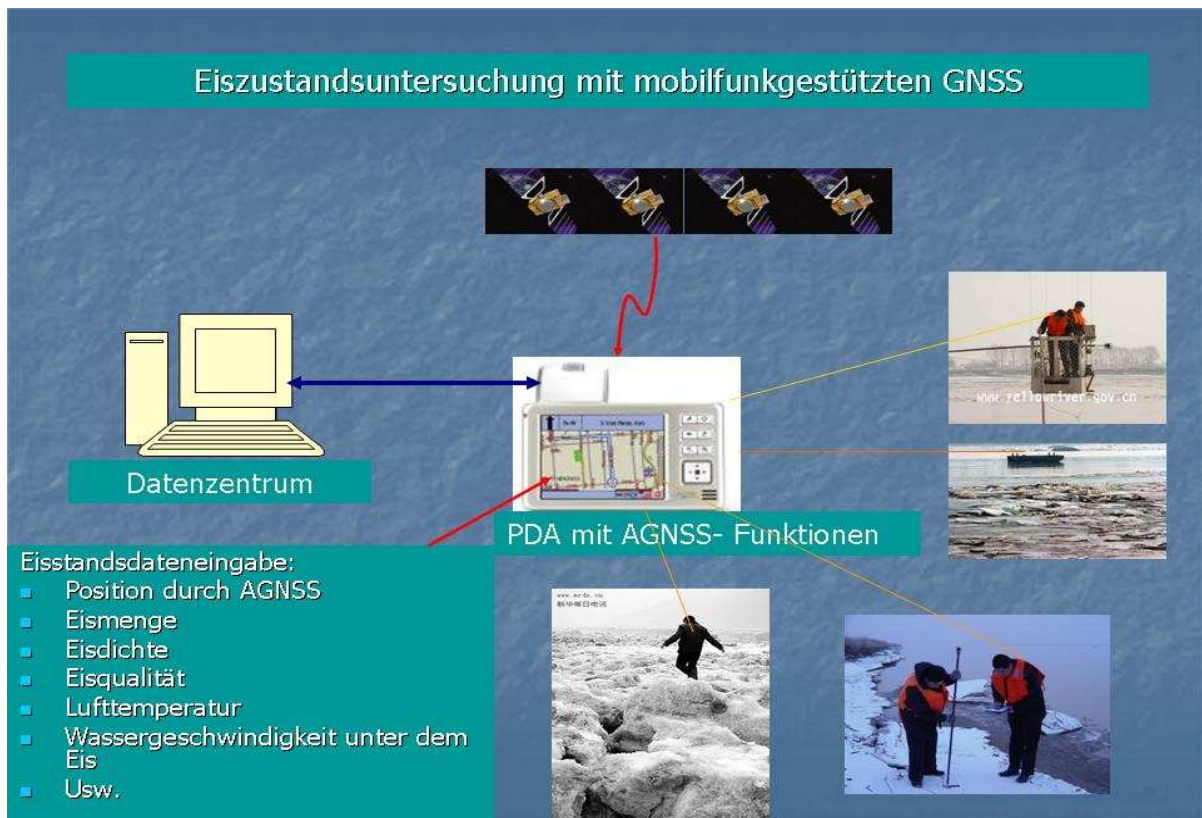


Abb.7-022: Eiszustandsuntersuchung mit mobilfunkgestütztem A-GNSS

### 7.4.2. Überwachung des Eisstoßes

Zur Überwachung und Frühwarnung von Eisstößen eines Flusses sollte am besten rechtzeitig mit modernen Techniken ein Modell vom Eiszustand erfasst werden. Mit Luftbildern kann dies gelegentlich gelingen, aber dabei gibt es zwei Nachteile: erstens ist die Luftbilddaufnahme sehr vom Wetter abhängig und zweitens ist die Detaildarstellung von Luftbilder etwas ungenau und manchmal reicht dies nicht aus, um die in einer Notsituation getroffene Eisstoßvorkehrung zu verwalten und die notwendigen Maßnahmen einleiten zu können. Durch ein mobilfunkgestütztes GNSS mit Digitalkameras können die aufgenommenen,

Photoserien und die zugehörigen Positionen direkt via Mobilfunk oder mit Datenträger ins Datenzentrum übermittelt werden (Abb.7-023). Mit durch einen mobilfunkgestützten PDA gemessenen Eisstandsdaten werden aktuelle Informationen des Eisstoßes mit Bildern oder Videos und auch ein GIS-Eismodell des Flusses erhalten.



Abb.7-023: Überwachung des Eisstoßes

## Kapitel 8. Test des A-GPS-Chips in München

Die Münchener Firma Infineon hat einen single A-GPS Chip „PMB 2520--- Hammerhead™“ hergestellt, mit dem Global Locate ein „Hammerhead Development Kit--- HDK“ für Mobiltelefone sowie PC entwickelt. Wie in Kapitel 6 erläutert, gibt es bei Hammerhead vier verschiedenen Modi für die A-GPS Solution, nämlich MS- Based, MS-Assisted, Autonomous und MS-Based mit LTO-Ephemeriden (4th). Infineon hat dem Lehrstuhl für Geodäsie drei Hammerhead Chips zur Verfügung gestellt. Die nachfolgenden Tests wurden mit dem Hammerhead III mit verschiedenen Modi in unterschiedlichen Umgebungen durchgeführt.

### 8.1. Überblick über das System [HAMMERHEAD™]

Wie in Abbildung 8-001 gezeigt wird der HDK mittels des Standards UART über den USB-Port mit der Software WinGPS, die auf dem Computer installiert ist, kontaktiert. Durch den Internetanschluss zum A-GPS-Server von Global Locate können die Modi MS-Based und MS-Assisted ausgeführt werden, indem sich der A-GPS-Server durch WinGPS mit GLMAP verbinden kann. Die LTO-Daten kann man auch vom A-GPS-Server oder auch Global Locate herunterladen.

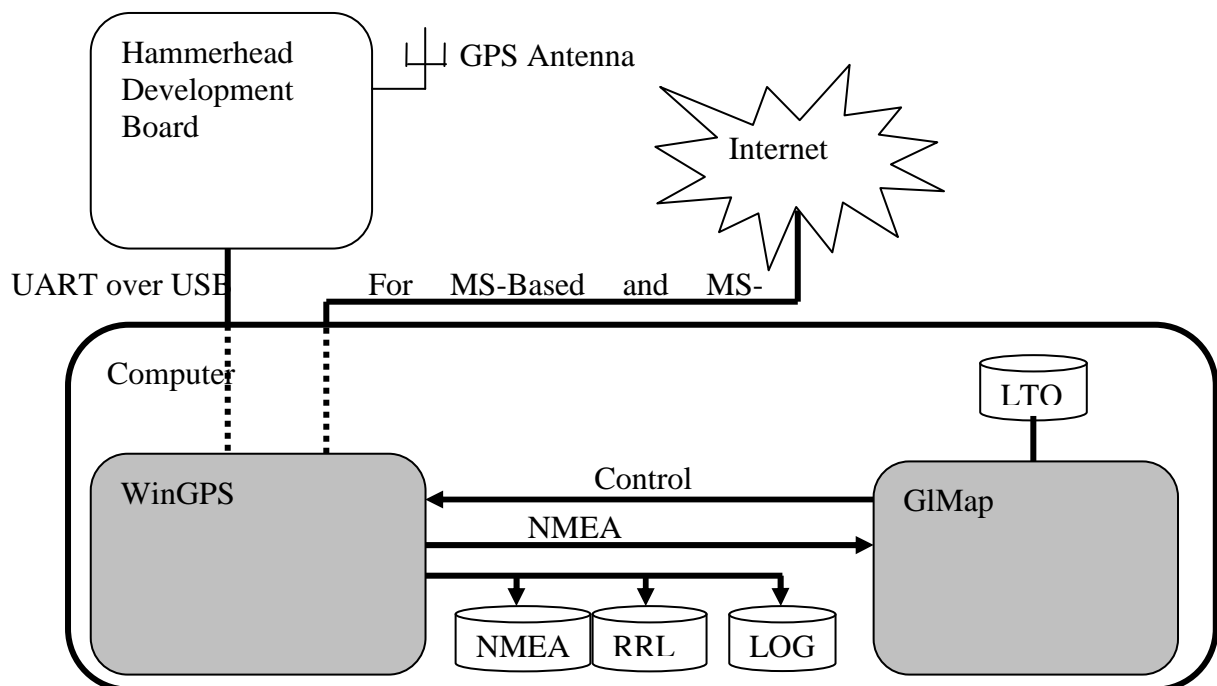


Abb.8-001: Überblick über HDK [HAMMERHEAD™]

#### 8.1.1. Hardware

HDK umfasst die folgende Hardware (Abb.8-002):

- PMB 2520, A-GPS-Chip
- TCXO (Temperature Controlled Crystal Oscillator) und/oder OCXO (Oven Controlled Quartz Oscillator)



- UART über USB
- SMA Schraubverbinder für LNA und CLK

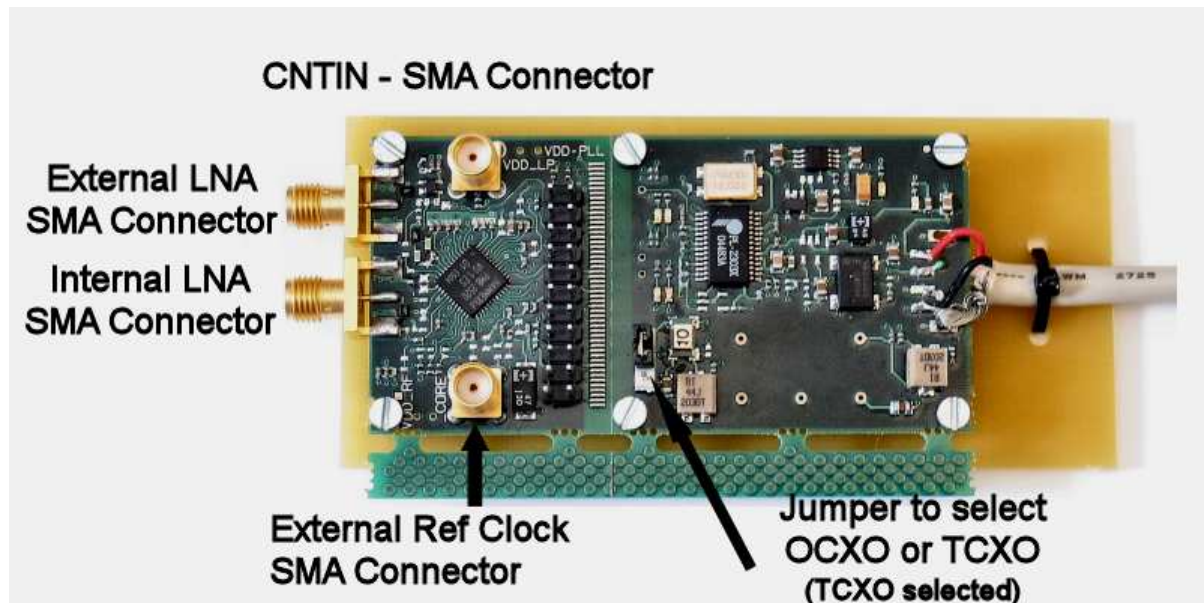


Abb.8-002: HDK sowie seine Schnittstelle [HAMMERHEAD™]

### 8.1.2. Software

GLMAP: ein Kontrolltool zur Analyse und Visualisierung von GPS-Ergebnissen.

WinGPS: WinGPS kann den Austausch der A-GPS-Daten zwischen Matchbox und GLMAP kontrollieren und zugleich auch die Verbindung zwischen A-GPS-Server und GLMAP setzen, wenn die Modi von MS-Based oder MS-Assisted ausgeführt werden.

GPS Sample Application: Es handelt sich um ein Visualisierungstool, mit dem der Anwendungsverlauf von GLL auf dem Bildschirm angezeigt werden kann.

Driver für UART über USB.

### 8.1.3. Konfiguration des Computers

Für die Operation des HDK benötigt der Computer die folgenden minimalen Voraussetzungen:

- Über 1 GHz Intel Pentium Prozessor
- Mehr als 10 MB freier Festplattenspeicher
- Mehr als 256 MB Arbeitsspeicher
- CD-ROM
- WINDOWS 2000/XP
- USB-Port
- Internetanschluss

## 8.2. Testvorbereitung

Nach der Installation der Software WinGPS, GLMAP sowie des Treibers für den virtuellen USB-Port kann man die Tests ausführen. Bei der Konfiguration von GLMAP soll man die von Global Locate angegebene Unit ID, den Namen der IP-Adresse „glphone.glpals.com“ sowie den UDP Port eingeben (Abb.8-003) und den richtigen Frequenzplan auswählen.



Abb.8-003: Eingabe der Parameter für Verbindung zwischen A-GPS-Server und HDK [HAMMERHEAD™]

Weil es noch keinen eigenen Nutzernamen mit Kennwort von Global Locate gibt, mit denen man die LTO-Daten angeben und herunterladen kann, werden die Tests im Modus 4 nicht durchgeführt. Der Modus von MS-Assisted wurde hier ebenfalls nicht ausgeführt, sondern drei Tests in verschiedenen Umgebungen mit zwei Modi im Einzelnen analysiert.

Alle Tests wurden mit „the Sample Application“ durchgeführt. Nach der Auswahl von „Connect“ im Menü erscheint ein Fenster wie in Abb. 8-004 und man wählt man weiter „UDP Stream“ aus. Danach wird GLMAP nur noch von „The Sample Application“ kontrolliert.

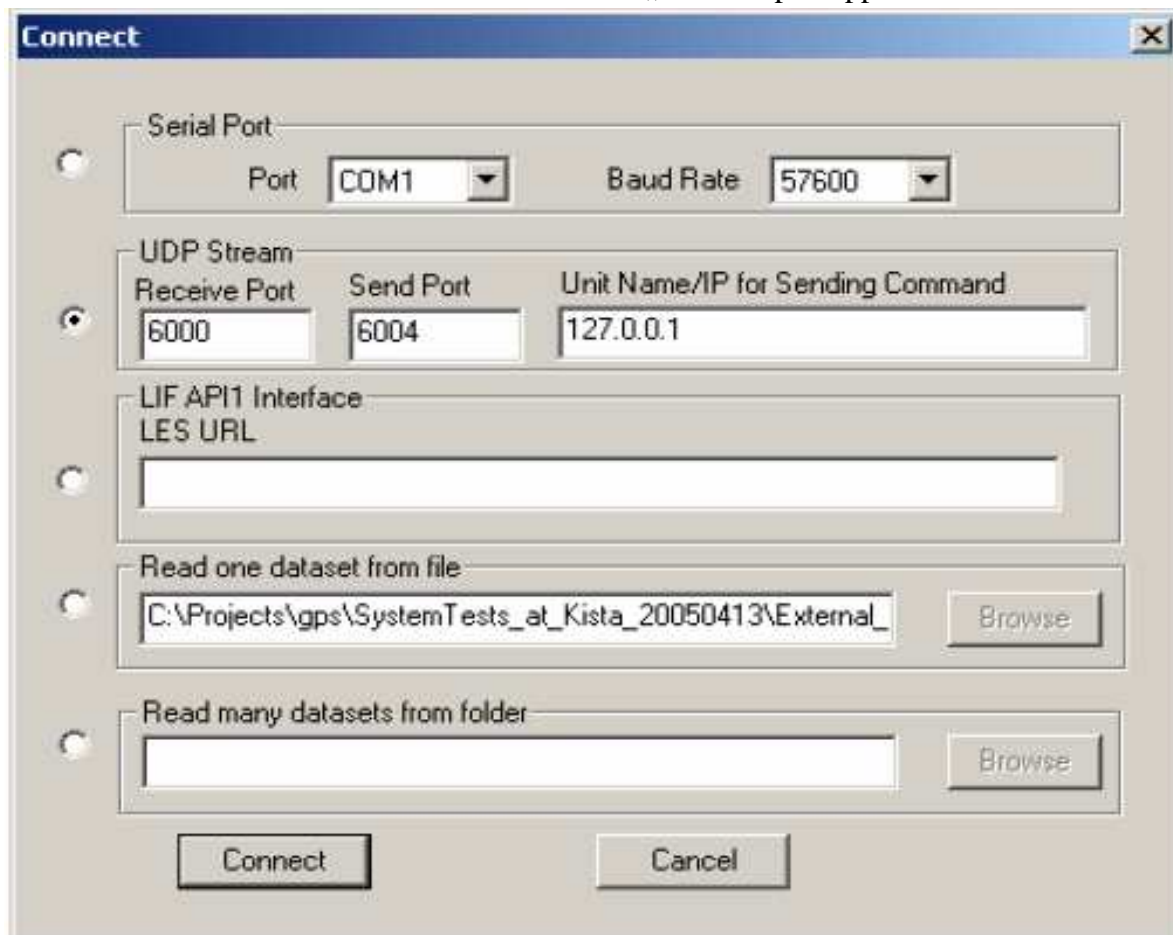


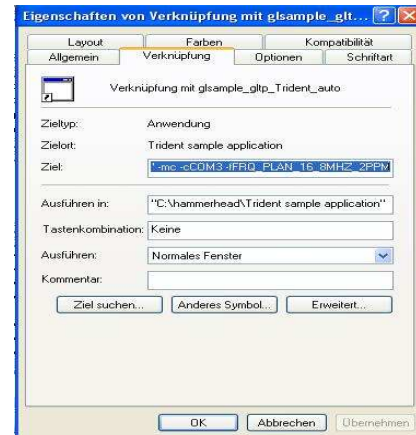
Abb.8-004: Window von „Connect“ [HAMMERHEAD™]

### 8.2.1. Autonomous Modus

Die Software für „The Sample Application“ ist in der Datei „glsample\_gltip\_Trident.exe“ enthalten. Um die richtigen Anwendungen ausführen zu können, muss man die

entsprechenden Parameter in der jeweiligen Verknüpfung eingeben. Für den Autonomous Modus kann man nur den Modus mit „-mc“, den Port von UART über USB mit „-cCOMx“ (x bedeutet die Portnummer, hier benutzt man COM3) und den Frequenzplan mit „-fFRQ\_PLAN\_16\_8MHZ\_2PPM“ in der Verknüpfung eingeben, siehe Abbildung 8-005.

Abb.8-005: Eingabefenster zur Verknüpfung von „the Sample Application“



## 8.2.2. Mobile Station Based Modus

Für den MS-Based Modus kann man neben Eingabe der Parameter vom Autonomous Modus noch die Unit ID mit „4101“, das Gateway zum A-GPS-Server mit „gglphone.glpals.com“ in der Verknüpfung eingeben.

## 8.3. Testdurchführung

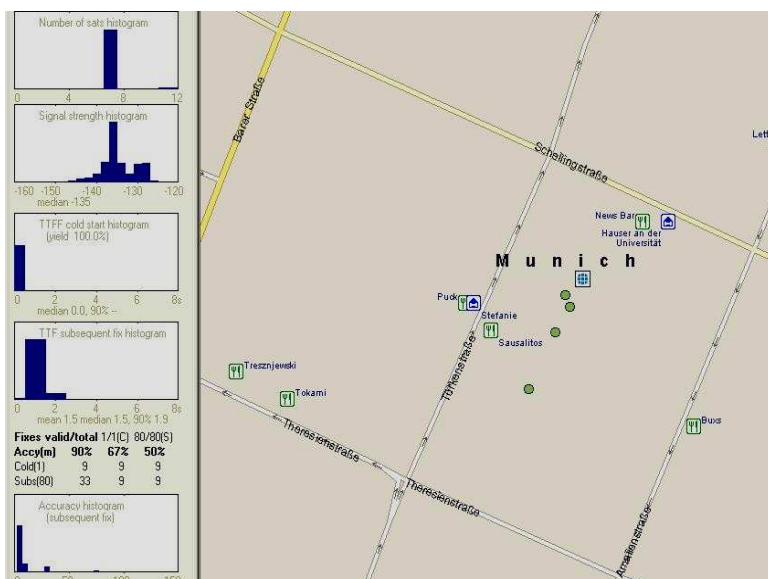
### 8.3.1. Im Studentenwohnheim

In diesem Wohnheim existieren schon WLAN Services, die jedoch nicht für den Modus MS-Based funktionieren. So wurde hier der Fast MS-Based Modus benutzt, das bedeutet, man stellt den Chip auf „gute Beobachtungsbedingungen zu Satelliten“ und bekommt die Satellitenbahndaten. Mit diesen Bahndaten kann der Chip stundenlang arbeiten wie mit den gleichen vom Server eingeführten Daten. Dieser Tests verläuft im Detail folgendermaßen: Zuerst erfolgte ein Test auf dem Dach mit guten Beobachtungsbedingungen, dann wurde der Chip in einen kleinen Hof mit relativ guten Beobachtungsbedingungen, um den herum vier oder fünfstöckige Gebäude stehen, gebracht. Im unmittelbaren Anschluss daran wurde ein Test auf dem Dachdurchgang gemacht. Zuletzt wurden Tests auf den vier Treppenplattformen jeweils an kleinen Fenstern ausgeführt, in Vertikalrichtung sind die Testorte nahezu gleich.

#### 8.3.1.1. Auf dem Dach

Sieben Satelliten wurden beobachtet. Die TTFF in Abbildung 8-006 wurde nicht richtig angezeigt. Unter Einschätzung der Umstände bei der Beobachtung erreicht die TTFF ungefähr 70 Sekunden. Die Satellitenanzahl und die Signalstärke sind sehr gut. Die Genauigkeiten bleiben meistens unter 10 Meter.

Abb.8-006: Ergebnisse des Tests im Autonomous Mode auf dem Dach



### 8.3.1.2. Im Innenhof

Es wurden vier Satelliten empfangen und die Signale waren auch stark genug. Die TTFF dauert ungefähr 90 Sekunden. Die Genauigkeiten konnte man schon bei der Messung zu ungefähr 10 Metern ersehen. Aber erstaunlicherweise wurden in der Statistik (siehe Abbildung 8-007) keine Genauigkeitsmaße angezeigt.

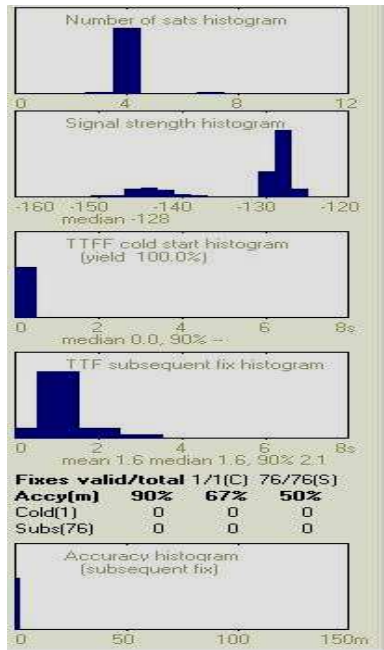


Abb.8-007: Ergebnisse des Tests im Innenhof

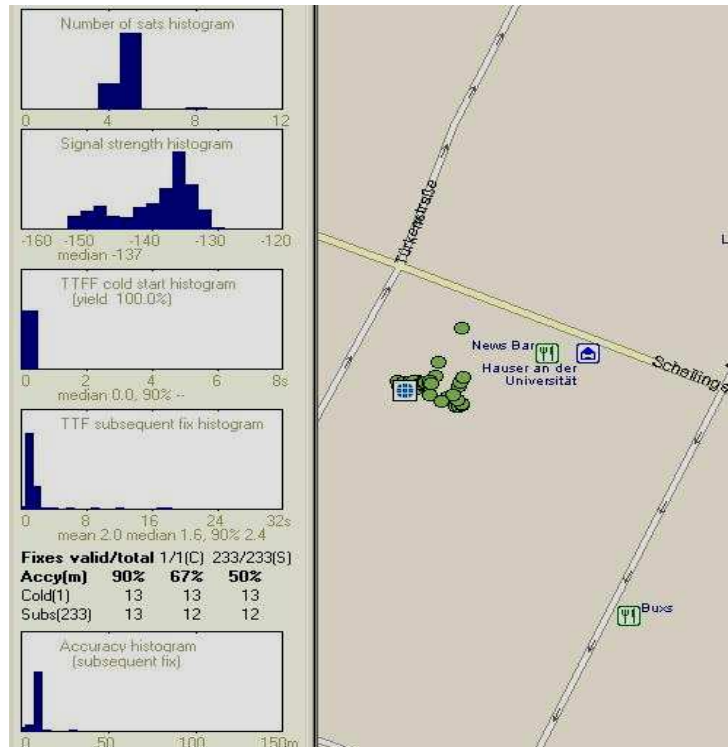


Abb.8-008: Ergebnisse des Tests auf dem gemauerten Dachdurchgang

### 8.3.1.3. Auf gemauertem Dachdurchgang

Mit Warmstart wurde eine TTFF von weniger als 4 Minuten erreicht. Es wurden auch mehr vier Satelliten beobachtet. Die akquirierten schwächsten Signale können bis -151 dBm reichen. Die Genauigkeiten in dieser Umgebung liegen meistens unter 13 Meter (Abb.8-008).

### 8.3.1.4. Auf Treppenabsatz im vierten Stock am Fenster

Die Decke besteht ebenfalls aus Ziegeln. Hier wurden nur vier oder gar drei Satelliten beobachtet und außerdem gab es bei der Akquisition ein sehr schwaches Signal mit -153 dBm. Die TTFF lief schon über 7 Minuten und die Genauigkeiten waren mit fast ausnahmslos über 23 Metern deutlich schlechter als im Dachdurchgang.

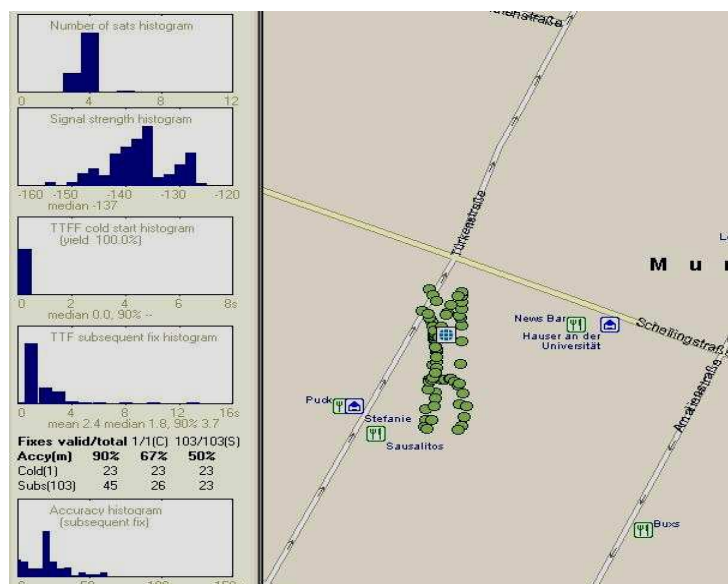


Abb.8-009: Ergebnisse des Tests auf vierstöckigem Treppenabsatz am Fenster

### 8.3.1.5. Auf Treppenabsatz im zweiten und ersten Stock sowie im Erdgeschoß

In all diesen Situationen wurden keine Positionen mehr erhalten, wobei es zwischenzeitlich schon jeweils 15 bis 20 Minuten dauerte bis abgebrochen wurde.

### 8.3.2. Am Hörsaalfenster im Hauptgebäude der TUM

Das Fenster war offen, gegenüber steht ein großer Baum. Hier wurden zwei Modi getestet.

#### 8.3.2.1. Autonomous Modus

Mancher Zeit gibt es weniger als 4 Satelliten und die Signale sind auch nicht stabil. Die TTFF ist wurde nicht richtig angezeigt und mit ungefähr 15 Minuten beobachtet. Manche Signale sind schwach, aber bei -150 dBm kann der Chip die Signale akquirieren. Die Genauigkeiten unter dieser Situation sind meistens besser als von 15 Meter.

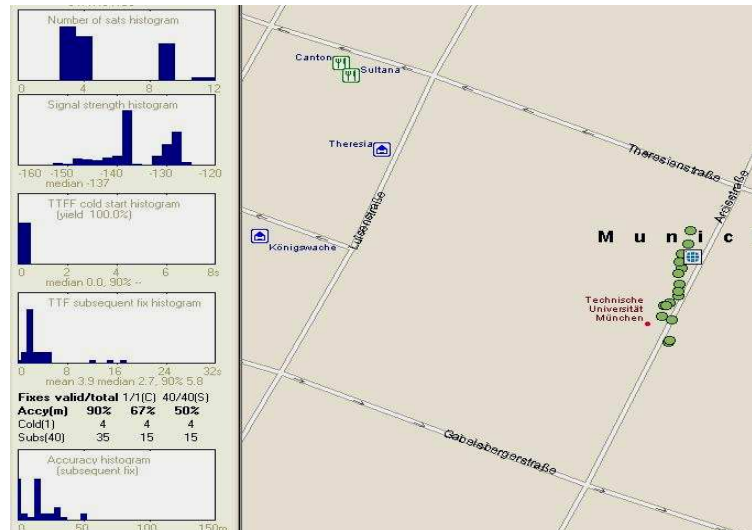


Abb.8-010: Ergebnisse des Tests am Fenster eines Steinbetongebäudes mit Autonomous

#### 8.3.2.2. Mobile Station Based Modus

Die Zahl der Satelliten und die Signalstärke sind fast gleich wie im Autonomous Mode. Die TTFF ist deutlich besser und beträgt schätzungsweise 80 Sekunden. Die Genauigkeiten sind etwas schlechter als im Autonomous Mode und bleiben meistens unter 17 Metern.

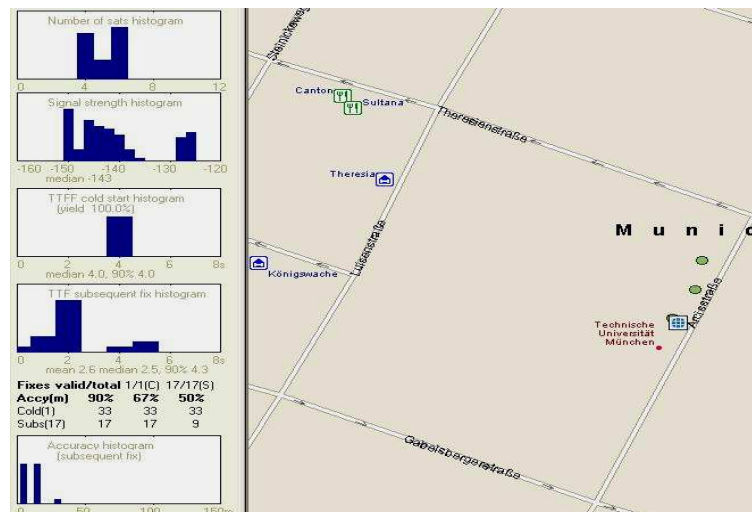


Abb.8-011: Ergebnisse des Testes am Fenster eines Steinbetongebäudes im MS-Based Mode

### 8.3.3. Im Innenraum

Weder im Autonomous noch im MS-Based Modus kann der Chip in den unteren Stockwerken eines Gebäudes die Signale akquirieren und verfolgen. Aber in Dachzimmern mit dünnen Materialien wie Ziegel kann die Positionierung mit dem A-GPS-Chip gelingen. Dies wird auch in Kapitel 9 mit dem gpsOne-Chip gezeigt.

### 8.3.4. Schlussfolgerung

Für den Hammerhead A-GPS-Chip erreicht die TTFF nach den Tests noch nicht die von der Herstellerfirma angekündigten idealen Werte. Der Chip kann eine Signalstärke bis zu minimal -153 dBm akquirieren. Durch Einführung der Assistenzdaten kann die TTFF verbessert werden, aber exakte Positionierungsmöglichkeiten im Inneren eines Gebäudes sind noch nicht gegeben. Die Genauigkeiten liegen meist zwischen 10 und 20 Metern. Die Positionierung mit diesem A-GPS-Chip in Umgebungen wie am Fenster oder im Dachzimmer kann bei Rettungsaktionen in Notfällen wie Hochwasserkatastrophen gelingen, wenn dieser Chip in Mobiltelefonen eingesetzt wird.

## Kapitel 9. Experiment mit A-GPS-Anwendungen

### 9.1. Vorbereitungen

#### 9.1.1. Vorstellung der Dienste von Unicom China

Im Jahre 1994 hat die amerikanische Firma Unicom die Unicom China gegründet. Nach 12jähriger Erschließung des chinesischen Kommunikationsmarkts wird Unicom China zum grundlegenden Mobilfunknetz Chinas. Durch die Kooperation mit Qualcomm hat Unicom China zunächst den Dienst PositionierungsStar, nämlich das so genannte U-MAP entwickelt. Über das CDMA 1x Netz wird dieser Dienst durch gpsOne-Technik den Kunden die Positionierungsservices zur Verfügung stellen. Durch das vom CDMA 1x Netz übertragenen Assistenzdaten werden die Terminals mit gpsOne positioniert. Dabei wird die TTFE erheblich reduziert und zugleich werden die Genauigkeiten von bis 50 Meter im Indoor-Bereich erreicht. Dieser Dienst beinhaltet NavigationStar für einzelne Kunden und StaronMap für Gruppenkunden.

##### 9.1.1.1. BREW-Technik von U-MAP

Dieser Dienst verwendet die moderne BREW-Technik. Durch die Handys mit dem CDMA 1X-Netz von Unicom werden die Services zur Suche von digitalen Karten in der Stadt oder zwischen Städten, zur aktuellen Navigation, zur Informationssuche in der Umgebung und zur E-Mail-Verbindung für die Kunden zur Verfügung gestellt.

BREW ist die Abkürzung von Binary Runtime Environment for Wireless [LI et al. 2006] und wird von Qualcomm für das Wireless Network CDMA als eine Grundplattform zur Entwicklung und Durchführung von Zusatzdiensten (diese Zusatzdienste werden von Unicom China „Phantastischer Schatz“ genannt) aufgebaut. Es stellt ein bekanntes und hoch effektives AEE (Application Execution Environment) als mittlere Anwendungsebene mit niedrigen Selbstkosten und weiteren Entwicklungsmöglichkeiten dar. Darauf kann man die Anwendungsprogramme für jedes handgehaltenes Endgerät aufsetzen. Wie das Betriebssystem in einem PC kann BREW die Anwendungssoftware von bestimmten Serviceanbietern herunterladen und verwenden.

BREW stellt einen Satz von API (Application Programming Interface) zur Verfügung. Hersteller und Entwickler können jederzeit die Nutzerumgebung sowie die verschiedenen Modi für die Anwendungsprogramme weiter entwickeln, z.B. Multimedia, mehrere Verfahren von Konnektivität, Schnittstellen für Kunden und Internet [INTERNET 43]. Außerdem besitzt BREW die höheren Anwendungsleistungen von Flash-Speicher und RAM und kann das RAM dynamisch verteilen und verwenden [INTERNET 44]. Im Vergleich zu Java ist BREW eine noch

leichtere und niederschichtigere Technik und bietet bessere Unterstützung für Handys. [INTERNET 45].

Die BREW Technik wurde zuerst 2001 in den USA bekannt gemacht. Damals gab es noch keine Firma, die diese Technik zur Anwendung gebracht hat. Es gab auch noch keinen solchen Handys. Im Juni 2002 haben die koreanische Firma KTF, die amerikanische Firma Verizon und die japanische Firma KDDI Services auf Basis der BREW-Technik entwickelt. Im März 2002 stellte KDDI das erste BREW-Handy C3003P her. Danach hat BREW bei Unicom China, amerikanischer ALLTEL, brasilianischer Vivo, thailändischer Hutchison CAT, australischer Telstra, mexikanischer Iusacell, indischer Tata, argentinischer Movicom, israelischer Pelephone, venezolanischer Telcel und uruguayischer Movicom [INTERNET 46] Anwendung gefunden. Alle Wirelessanbieter haben die CDMA 1X mit einer Geschwindigkeit von 144bps genutzt. Bis Juni 2004 haben insgesamt schon über 28 Mobilfunknetzanbieter in über 20 Staaten Services mit BREW entwickelt, manche Wireless-Anbieter haben bereits den Service 1xEV-DO mit einer Geschwindigkeit von 1.4 Mbps auf den Markt gebracht. Über die entsprechenden Handys hat Qualcomm 2004 verkündet, es gäbe 26 Hersteller in 20 verschiedenen Staaten und 135 Arten von BREW-Handys [INTERNET 47].

#### **9.1.1.2. NavigationStar**

Auf der Basis des Dienstes von U-MAP hat Unicom China ein NavigationStar entwickelt. Dieser Dienst arbeitet mit dem Modul von MS-Based. Das Handy mit gpsOne fordert eine Position vor Ort an. Durch das Mobilfunknetz CDMA 1x werden die Assistenzdaten, hier meistens Ephemeriden und Almanach vom Server der Unicom China in Peking zum Handy übertragen. Der hoch empfindliche gpsOne Chip empfängt die Codes aus den GPS-Signalen und berechnet die Position (Abb.9-001). Hier kann das Handy die Position in Länge und Breite nicht anzeigen, sondern nur die Positionsinformationen (später entwickelte Chips können die Positionen anzeigen), z.B. die Position liegt auf der Lishan Straße, in der Nähe vom Amt für Vermessung und dem zentralen Krankenhaus. Wenn man diese Position auf der Karte signalisieren möchte, kann man weiter im Menü mit „Karten laden“ klicken und das Handy wird mit einer bestimmten Telefonnummer, die schon vorher in der Datenbank der Unicom China registriert wurde, auf die Kartendatenbank in Peking zugreifen und die betroffenen Kartenausschnitte herunterladen und auf dem Handy anzeigen. Diese Karte kann verkleinert und vergrößert werden (Abb.9-002). Als Voraussetzung zum Funktionieren dieses Dienstes muss man eine Telefonnummer vom CDMA beantragen und sich registrieren. Mit einem solchen Dienst kann ein Navigationssystem, z.B. für ein Fahrzeug, ein echtes drahtloses GIS realisieren.



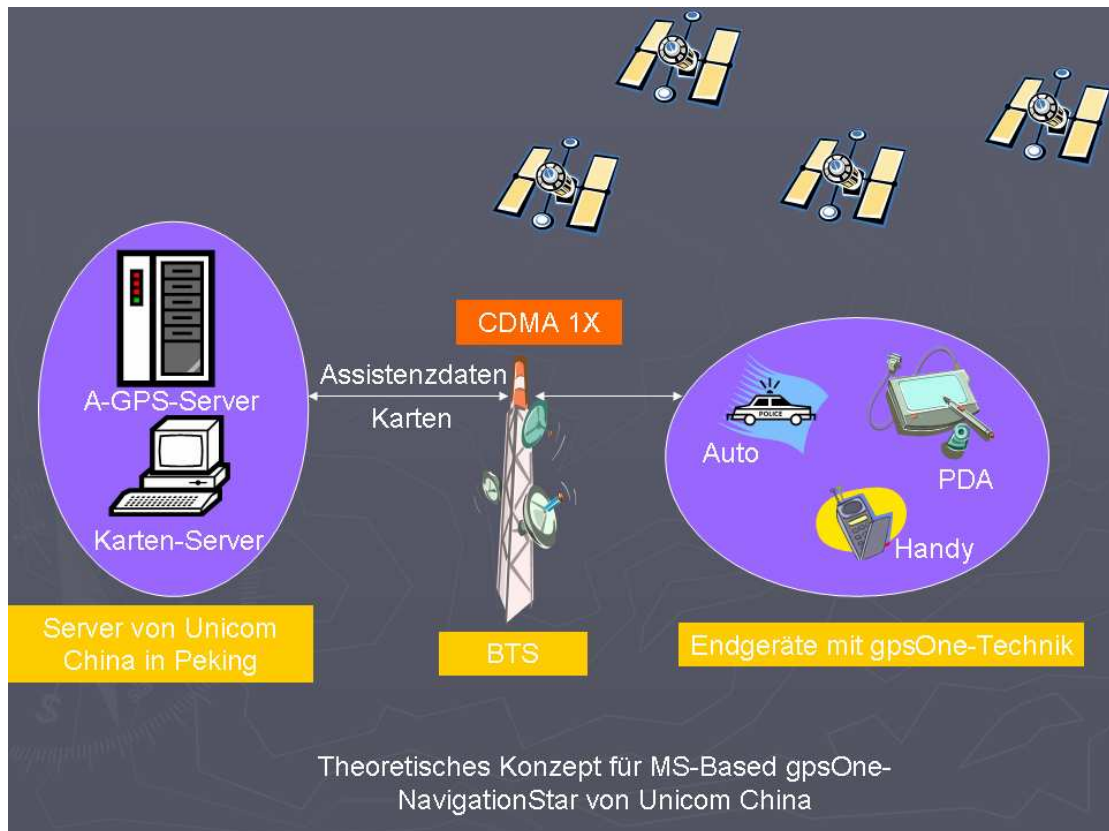


Abb.9-001: Konzept des NavigationStars von Unicom China



Abb.9-002: Vorgehensweise des NavigationStars von Unicom China anhand Handy KZ860 mit gpsOne-Technik

### 9.1.1.3. StaronMap

Mit Vergleich zu NavigationStar richtet sich StaronMap nur an Gruppenkunden und hat zusätzlich eine Kontrollstation durch Internetanschluss (Abb. 9-003). Es handelt sich dabei um eine Kontrollplattform für Firmen oder Branchen zur Suche, Disposition und Verwaltung der CDMA-Endgeräte im Besitz der Gruppenkunden. StaronMap gehört auch zu U-MAP von Unicom China. Die Kunden benötigen nur einen PC mit Internetanschluss und Internet Explorer im PC.

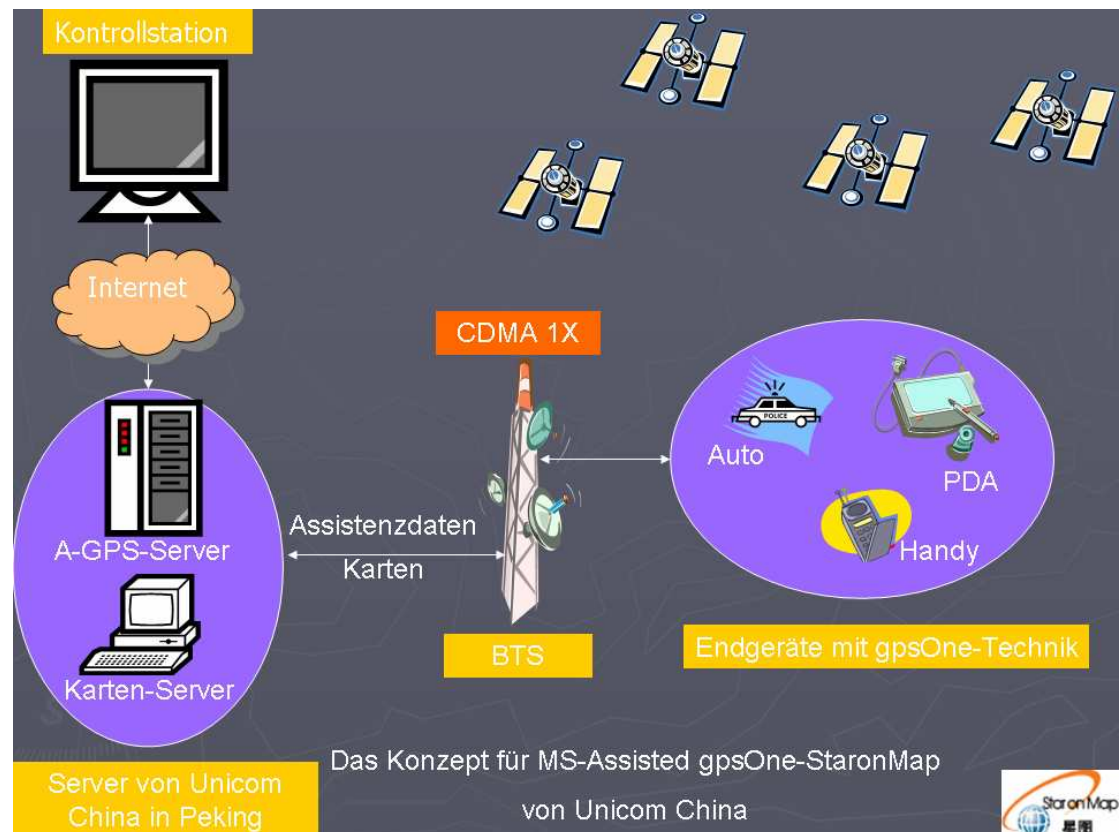


Abb.9-003: Konzept für MS-Assisted gpsOne-StaronMap von Unicom China

Die grundlegenden Anforderungen an den PC sind:

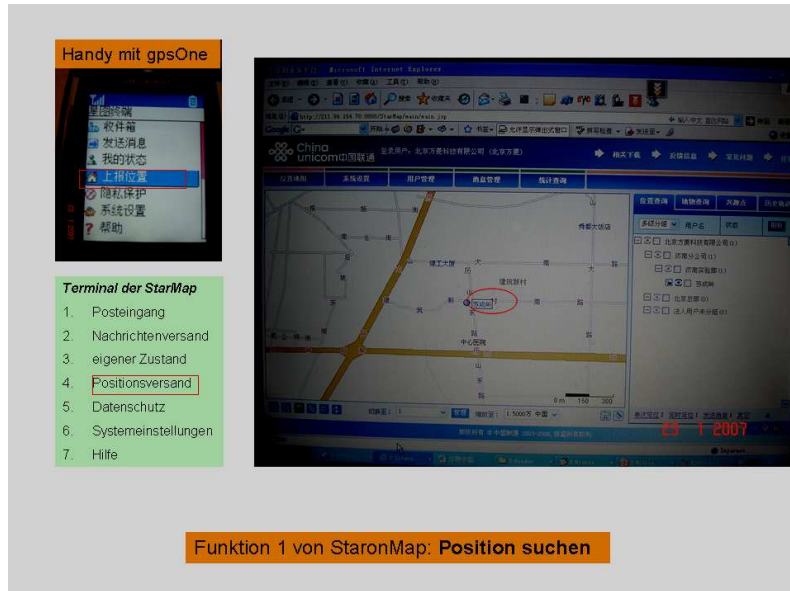
- CPU über 600MHz;
- Speicher über 128MB;
- Betriebssystem Windows98/ME/NT4.0/2000/XP;
- IE5.5/Flash
- Internetanschluss

Über den IE kann der Kunde all die zugehörigen Endgeräte suchen, verwalten und disponieren, ohne andere Software im PC zu installieren und andere Einrichtungen für das Wireless Netzwerk aufzubauen.

StaronMap bietet fünf verschiedene Funktionen:

Erste Funktion: Position suchen.

Die Kontrollstation fordert die zugehörigen Geräte auf, die Position zur Kontrolle zu senden. Hier gibt es zwei Möglichkeiten, die eine ist eine passive Positionierung, nämlich MS-Assisted. Die Kontrollstation sendet einen Befehl zum Endgerät und dieses wird automatisch positionieren. Die andere ist eine aktive Positionierung, nämlich MS-Based. Das Endgerät wird die Position selbst bestimmen und dann zur

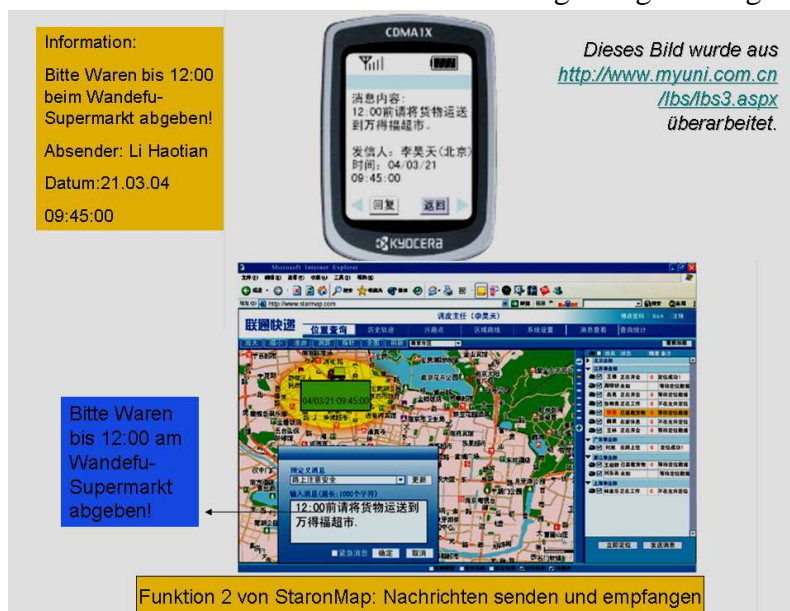


Kontrollstation senden (Abb.9-004). Durch Halten der Maus auf den Punkt können Informationen wie Breite und Länge angezeigt werden

Abb.9-004: Funktion von StaronMap: Position suchen

Zweite Funktion: Nachrichten senden und empfangen.

Zwischen der Kontrollstation und den zugehörigen Endgeräten können Nachrichten versandt und aufgenommen werden (Abb.9-005).



versandt und aufgenommen werden (Abb.9-005).

Abb.9-005: Nachrichten senden und empfangen

Dritte Funktion: Spur aufzeigen.

Die Spuren der zugehörigen Endgeräte können in wählbaren Zeitintervallen auf der Kontrollstation gezeigt werden (Abb.9-006).

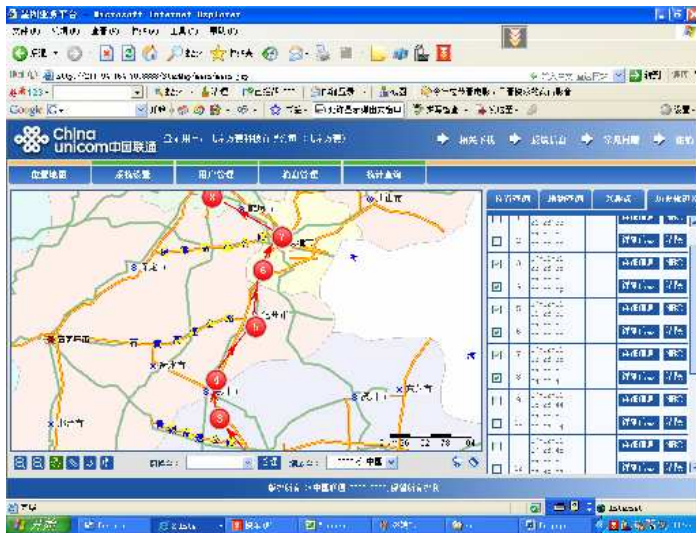


Abb.9-006: Spur aufzeigen (mit dem Zug nach Peking)

Vierte Funktion: Karte bearbeiten.

Die auf der Kontrollstation gezeigten Karten können natürlich vergrößert oder verkleinert werden. Den Abstand zwischen zwei Punkten auf der Karte kann man auch leicht durch

Mausklick messen (Abb.9-007).

Fünfte Funktion: Interessenspunkte markieren.

Die für Manager interessanten Punkte wie z.B. neue eröffnete Firmen können in den Karten auf Wunsch angezeigt werden (Abb.9-008). Man kann diese Punkte mit Mausclick oder Eingabe von Breite und Länge bekommen.

Abb.9-007: Karten bearbeiten

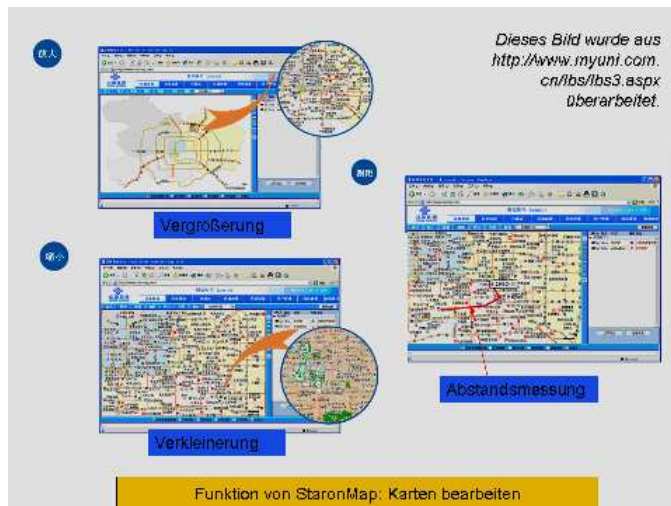


Abb.9-008: Interessenspunkte markieren

Um die Funktionen des Dienstes StaronMap zu nutzen, muss man zuerst wie für den Dienst NavigationStar eine Telefonnummer von CDMA beantragen. Dann muss ein Konto bei Unicom China eröffnet werden und die Kontonummer und das

Passwort werden vom Administrator von Unicom in der Datenbank registriert. Im IE

wird die Internetadresse <http://211.94.164.70:8888/StarMap/> eingegeben. Die Kontonummer und das Passwort muss man in Eintragefenster (Abb.9-009) eingeben, um die Informationsplattform auf der Kontrollestation im Internet Explorer zu erhalten. Für jedes Konto ist der erste Monat kostenfrei zur Probe. Ab dem zweiten

Monat beträgt die Monatsgebühr 40 RMB, also ungefähr 4 Euro. Die

Kommunikationskosten werden per KB zu 0,02 RMB berechnet. Auf der Informationsplattform können zuerst alle zugehörigen Kunden, verschiedene digitale Karten aller Städte Chinas, Maßstab, Kundenname sowie Funktionen von StaronMap aufgezeigt werden.



Abb.9-009: Login-Fenster von StaronMap

Durch das Handy KZ860 mit BREW-Technik und gpsOne kann der Dienst StaronMap zügig arbeiten (Abb.9-010). Wie oben erwähnt heißt die BREW-Plattform in StaronMap „Phantastischer Schatz“. Zu dieser Plattform kann man vielerlei Software laden. Hier bietet Unicom Chinas eine Software für StaronMap von Handys mit gpsOne an. Diese kann frei vom Server heruntergeladen werden.

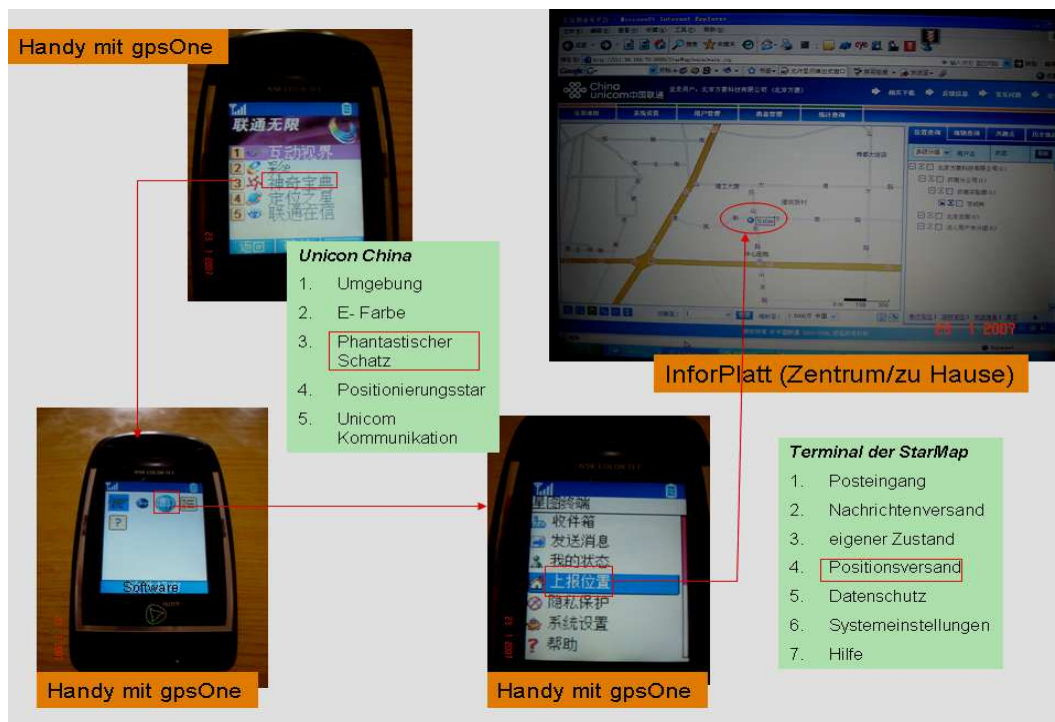


Abb.9-010: Vorgehensweise von StaronMap mit Handy KZ860 in China

## 9.1.2 Ortswahl für Experiment

Ab Dezember 2006 hat Unicom China die Positionierungsservices in der Hauptstadt Jinan der Provinz Shandong im Betrieb gesetzt. Der Autor arbeitete bereits einige Jahre in Jinan. Außerdem hat der Test der Simulation von A-GPS-Technik für die Forschung und Entwicklung des Hochwasser- und Eisstoßschutzes gerade in Jinan eine besondere Bedeutung.

Jinan befindet sich nahezu in einem Becken, weil im Norden der Dammdeich des Gelben Flusses und im Süden das Gebirge liegt. Vor Bedrohungen von Hochwasser im Sommer und Eisstößen im Winter sollen Vorkehrungsmaßnahmen getroffen werden. Die Dammdeiche um Jinan sind mit Beton und Steinen schon stark befestigt worden. Aber die Reaktionsmöglichkeiten mit modernen Techniken für Notfälle bei plötzlichem Ausbruch von Hochwasser wegen starken Regens sind noch im Aufbau. Dies wurde vom Amt für Wasserwirtschaft offiziell mitgeteilt. Es besteht Interesse für diesen Test und zwei Mitarbeiter aus der Befehlsstelle gegen Dürre und Hochwasser der Provinz Shandong wirken dabei mit. Allerdings gibt es noch keine finanziellen Mittel für diese Zusammenarbeit, über das betreffende Projekt wurde noch keine Entscheidung getroffen.

### 9.1.2.1. Historische Hochwassersituation in Jinan

Am 26.08.1987 war Jinan einem Sturm ausgesetzt und die extreme Wassertiefe auf der Stadtstraße betrug bereits 9 Meter. 47 Menschen kamen ums Leben und über 160.000 Menschen wurden von Hochwasser eingeschlossen. Der Schaden betrug bis zu 5,1 Millionen RMB<sup>4</sup>[INTERNET 48].



Am 03.08.2002 hat ein starker Regenfall Jinan getroffen, es wurden viele Leute von Hochwasser eingeschlossen und viele Gebäude zerstört [LI 2002].

Abb.9-011: Zerstörung eines Gebäudes beim Regenfall in Jinan 2002 [LI 2002]

Am 04.08.2005 brach ein Sturm in Jinan aus und das in den Straßen zusammenströmende Regenwasser erreichte durchschnittlich bis 0,5 Meter Höhe. Die meisten Verkehrsverbindungen waren stundenlang gesperrt [DUAN 2005].



Abb.9-012: Nur mit dem Fahrrad konnte man beim Hochwasser noch weiter fahren (XINHUA.com.cn)

Abb.9-013: Autos müssen geschoben werden (XINHUA.com.cn)



<sup>4</sup> 1 EURO  $\approx$  10 RMB

### 9.1.3. Geräte

#### 9.1.3.1. gpsOne und CDMA unterstützte Handys

An von Unicom China unterstützten Handys in China gibt es [UNICOMM 2006]:

Hanxin C787, 797  
 TCL 1688, 1699  
 KZ830, 830+, 850, 860, 870  
 LG 8380, W800  
 Samsung SCH-W109  
 Moto V880, A860  
 SCP-588

Tatsächlich sind viele davon schon vom Markt verschwunden, weil manche Handys zu alt sind und von neuen Modellen ersetzt werden, z.B. Moto A860 oder die Serien von KZ, die nur über second hand zu bekommen sind. Die modernen aber teuren Handys mit gpsOne-Funktionen sind nicht auf der Gebrauchsanweisung [UNICOMM 2006] für U-MAP aufgeführt.

#### 9.1.3.2. Vorstellung des Geräts KZ860 für die Tests

Im Gebrauchthandel wurde ein Handy KZ860 in Peking gekauft. Dieses Handy unterstützt CDMA 1x mit 800MHz durch den gpsOne Chip MSM5100, der erste gpsOne-Chip von Qualcomm, welcher nur über MS-Based und MS-Assisted Modi verfügt. Die BREW-Technik, die den Download zahlreicher Software, die von verschiedenen Mobilfunkanbietern angeboten wird, unterstützt, wird im KZ860 benutzt. KZ860 unterstützt auch WAP1.2, um Informationen aus Internet ziehen zu können. Die Software vom so genannten „Phantasieschatz“, auf der die Funktion von



StaronMap betrieben wird, wurde von Unicom entwickelt und kann vom KZ860 herunter geladen werden (Abb.9-014). NavigationStar funktioniert auch ohne BREW-Technik durch direkten Tastendruck auf dem Handy (Abb.9-014).

Abb.9-014: U-MAP Funktionen im Handy KZ860

Außerdem gibt es auch die Funktionen wie Kamera und Email in Handy KZ860.

#### 9.1.4. Teilnehmer

Dieser Test wurde von der Befehlsstelle gegen Dürre und Hochwasser der Provinz Shandong in Jinan und der Universität für Architektur unterstützt. Herr Chen und

Herr Wang aus der Befehlsstelle und die Studentin Frau Liu aus der Universität haben an dem Test teilgenommen.

### **9.1.5. Unterstützung von Firma Fangling GmbH**

Weil sich das StaronMap nur an Gruppenkunden richtet, wurde die Firma Fangling gebeten, ein Konto von StaronMap für den Testzweck zu eröffnen.

## **9.2. Durchführung**

### **9.2.1. Aufteilung von Testumgebung und Testgebiete**

Um den Test zügig durchführen zu können, wurde die Stadt Jinan in drei Teile aufgeteilt, nämlich das Überschwemmungsgebiet im Norden, die Stadtmitte und die Gebirgsgegend im Süden. Für die Beobachtungsumgebung wird Indoor und Outdoor unterschieden.

### **9.2.2. Genauigkeitstests vom Handy mit gpsOne Chip**

Hinsichtlich der Zuverlässigkeit gibt die Firma Unicom China drei grobe Stufen für die Positionierungsgenauigkeit an, nämlich A: höhere Genauigkeit, besser als 50 Meter; B: gute Genauigkeit besser als 500 Meter und C: normale Genauigkeit, mehr als 500 Meter. Die Genauigkeiten hängen von der Umgebung der Kunden ab. Hier werden durch einige Tests in unterschiedlicher Umgebung die Eigenschaften des Handys geprüft.

#### **9.2.2.1. Tests im Innenraum**

##### **9.2.2.1.1. Sechsstöckiges Siedlungshaus**

Ein Siedlungsgebäude, um das herum freie Himmelssichten herrschen, wurde als ein Testort gewählt. Eine Dreizimmerwohnung befindet sich im zweiten Stock (Abb. 9-015). Es wurden bei diesem Test 5 Positionen erhalten:

Position 1: Das Handy mit gpsOne war ganz in der Mitte der Wohnung platziert und es gibt keinerlei Fenster. Außerdem gibt es keine Initialisierung, also keine Satellitenbahndaten für gpsOne. Es dauerte 35-40 Sekunden bis zur ersten Positionierung und es wurde nur eine Genauigkeit von 1000 Meter erreicht. Weil der gpsOne-Chip die hybride Positionierungsmethode durchführt, wird hier die Position über die Cell-ID die Position erhalten.

Position 2: neben dem Fenster im Süden. Das Fenster ist offen und das Handy kann die Satelliten von der Südseite empfangen. Es dauerte nur 3 bis 5 Sekunden und die Genauigkeit erreichte schon 20 Meter.

Position 3: neben dem Fenster im Norden. Das Ergebnis war wie bei Position 2 und die Genauigkeit liegt schon bei 20 Meter.



Position 4: nochmals im Wohnzimmer, also in der Mitte der Wohnung. Es dauerte nur etwa 10 Sekunden und die Genauigkeit verbessert sich auf 50 Meter. Das heißt, mit Initialisierung kann die GPS-Positionierung Indoor realisiert werden.

Position 5: auf dem Weg neben dem Gebäude nach Norden. Die Genauigkeit kann bis zu 10 Meter erreichen.



Abb.9-015: Test in einem sechsstöckigen Wohnhaus

### 9.2.2.1.2. Vierstöckiger Supermarkt

Es handelt sich um den französischen Supermarkt Carrefour aus dem Baustoff Stahlbeton. Hier wurden auch fünf Positionen ausgewählt. In der vertikalen Richtung sind die Punkte 6,7,8 und 9 fast in der gleichen Position (Abb.9-016). Die Punkte 9 und 10 sind auf gleichem Stock, aber Punkt 9 ist im Gebäude und Punkt 10 auf dem Dach des Parkplatzes. Die Strecke zwischen den Punkten 9 und 10 beträgt ungefähr 20 Meter.

Die Punkte 6,7 und 8 sind jeweils die im Erdgeschoß, erstem und zweiten Stock erhaltenen Positionen. Die Genauigkeiten ergaben sich alle besser als 500 Meter.

Der Punkt 9 war im dritten Stock mit Glasfenster auf einer Seite und Ziegelwand auf der anderen. Die Genauigkeit kann bis 20 Meter erreichen. Die Positionierung von Punkt 10 wurde auf dem Dach unter freiem Himmel durchgeführt. Bei der Genauigkeit werden schon 10 Meter erreicht.

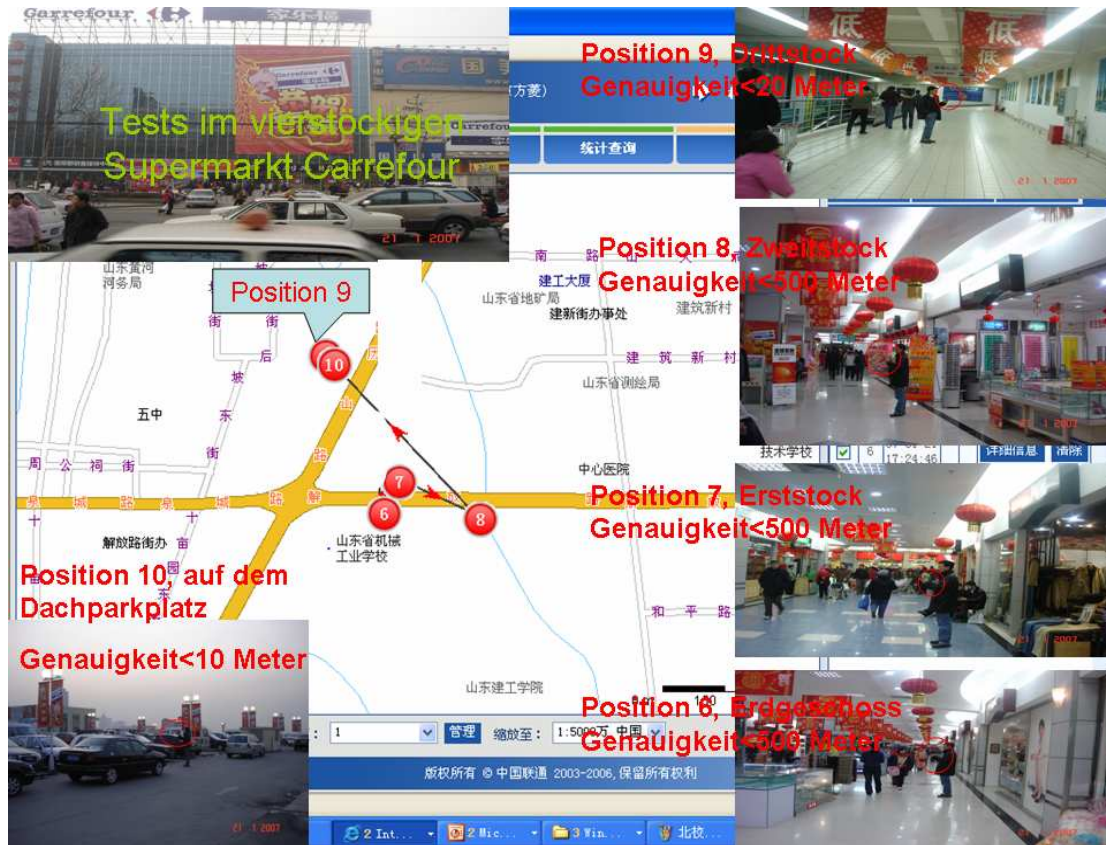


Abb.9-016: Test im vierstöckigen Supermarkt Carrefour

### 9.2.2.1.3. Fahrender Bus in Innenstadt

Das Handy befindet sich im mitten in der Innenstadt fahrenden Bus bei im Winter geschlossenen Fenstern. Die Genauigkeiten aller sieben Punkte können die Klasse A erreichen, siehe Abb. 9- 017.



Abb.9-017: Test im fahrenden Bus

### 9.2.2.1.4. Genauigkeiten und TTF Analysis

Am Fenster in einer Wohnung oder in ähnlichen Umgebungen wie z.B. im Bus oder im Dachzimmer kann man mit dem KZ860 bis auf 20 Meter genau die Position erhalten. Für eine Siedlungswohnung kann man mit Initialisierung auch eine Genauigkeit von bis zu 50 Meter bekommen. In einem mehrstöckigen Supermarkt mit Initialisierung können die Genauigkeiten der Positionierung nur 500 Meter erreichen. Dies konnte auch nur über hybride Lösung, wie z.B. Cell-ID, gelöst werden. So existiert in der Nähe der Punkte 6,7 und 8 ein BTS.

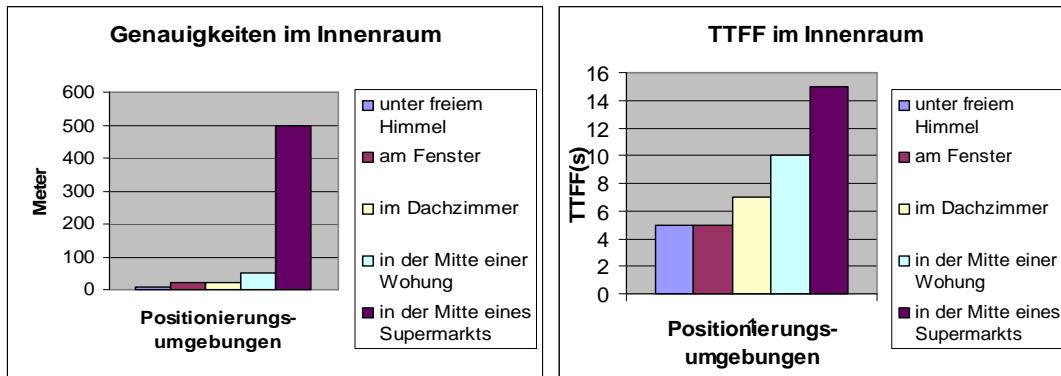


Abb.9-018: Genauigkeiten und TTFF im Innenraum

### 9.2.2.2. Tests im Außenraum

#### 9.2.2.2.1. Gasse in Siedlungsgebiet

In einer Gasse wurden zwei Punkte mit dem Handy KZ860 gemessen. Die Umgebung wird in Abb. 9-019 gezeigt. Die Genauigkeit erreicht Werte besser als 15 Meter. Die TTFF waren alle kürzer als 10 Sekunden.

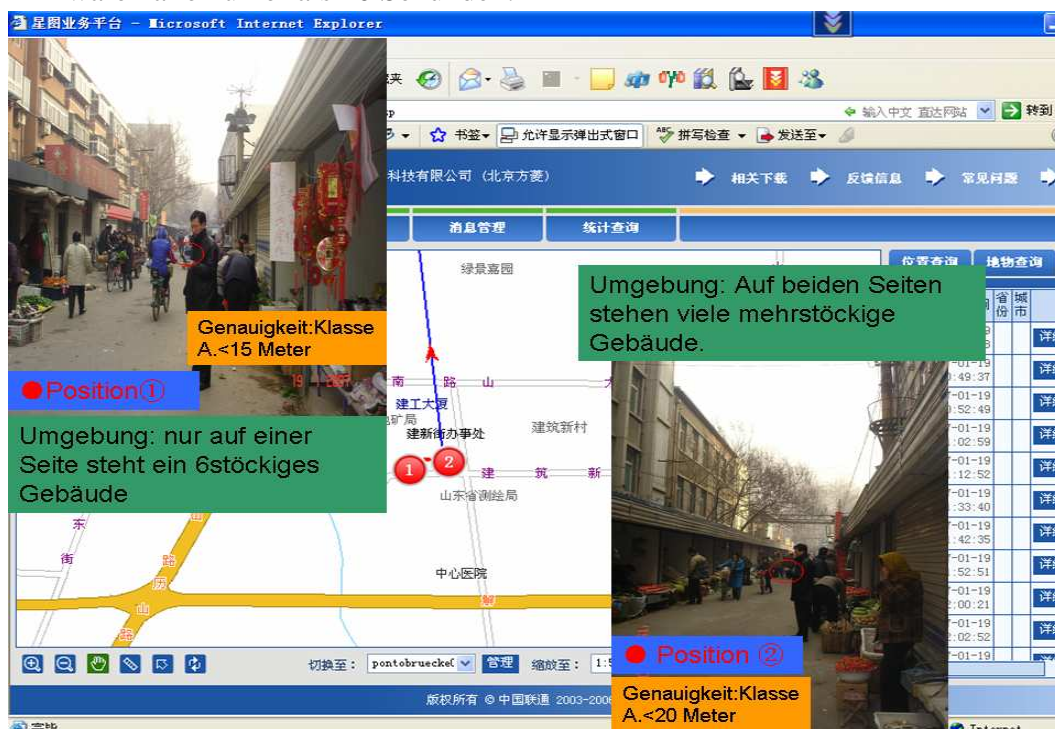


Abb.9-019: Messung in einer Gasse

#### 9.2.2.2.2. Wald



Im Wald in der Gebirgsgegend wurden einige Punkte getestet (Abb.9-020). Die Genauigkeiten erreichten alle die Klasse A. Auch die TTFF gingen alle nicht über 6 Sekunden hinaus. Dies ist sehr wichtig für die Bedingungen bei Hochwasser am Land.

Abb.9-020: A-GPS-Messung im Wald

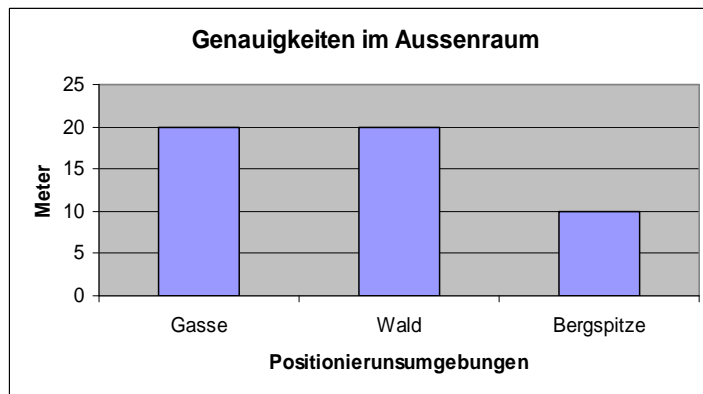
### 9.2.2.2.3. Bergspitze

Auf einer Bergspitze wurde auch ein Punkt gemessen (Abb.9-021). Um diesen Punkt existieren keinerlei Hindernisse zum Himmel hin. Die Genauigkeit ist sehr gut, ebenfalls Klasse A. Die TTFF blieb unter 5 Sekunden.



Abb.9-021: A-GPS-Messung auf der Bergspitze

### 9.2.2.2.4. Analyse der Genauigkeiten und TTFF



Mit dem KZ860 kann man im Außenraum die GPS-Positionierungen schnell und genau durchführen. Die Genauigkeiten können bis besser als 20 Meter erreichen, sogar im Wald. Die TTFFs liegen bei maximal 10 Sekunden.

Abb.9-022: Genauigkeiten im Outdoor

Das heißt, mit A-GPS-Technik kann das Handy mit gpsOne wie ein normaler GPS-Empfänger benutzt werden, die TTFF wird jedoch deutlich verbessert.

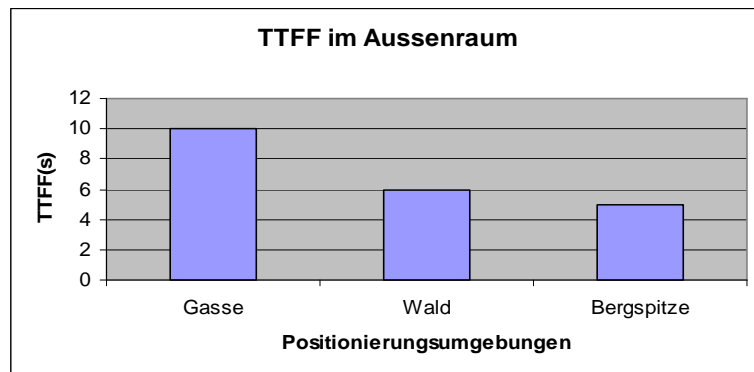


Abb.9-023: TTFF im Außenraum

### 9.2.2.3. Experimente in unterschiedlichen Gebieten mit verschiedenen Modi

In drei Gebieten wurden mit zwei A-GPS-Modi die Tests durchgeführt. Die Beobachtungsbedingungen wechselten ebenfalls.

#### 9.2.2.3.1. Überschwemmungsgebiet

In diesem Gebiet tritt das Hochwasser am häufigsten auf und Menschen können überdies öfters eingeschlossen werden. Hinsichtlich der Umgebungen zur GPS-Beobachtung sind meist keine Schwierigkeiten zu erwarten, z.B. keine Hochgebäude, Dörfer mit ebenerdigen Häusern, Siedlungswohnungen. Hier gilt der Modus von MS-Based, nämlich Positionsrechnung im Handy und Versand der Position zur Informationsplattform.



Abb.9-024: Tests im Überschwemmungsgebiet

Hier wurden 6 Punkte gemessen (Abb.9-024). Die Genauigkeiten liegen alle in der A-Klasse.

### 9.2.2.3.2. Innenstadt

In der Mitte der Stadt stehen viele Hochhäuser. Wenn ein Hochwasser vorkommt, könnten viele Leute in Hochhäusern eingeschlossen werden. Um diese Situationen zu untersuchen, wurden in Tests mit MS-Assisted 18 Punkte gemessen (Abb.9-025).



Abb.9-025: Tests in der Stadtmitte

Das Handy wurde zur weiteren Erschwerung immer in der Hosentasche getragen, manchmal auch bei Busfahrten. Die Informationsplattform forderte alle 10 Minuten eine Positionierung an. Davon lagen 11 Punkte in der A-Klasse und 7 Punkte in der B-Klasse, die meisten davon im Hochgebäude (Abb.9-026).

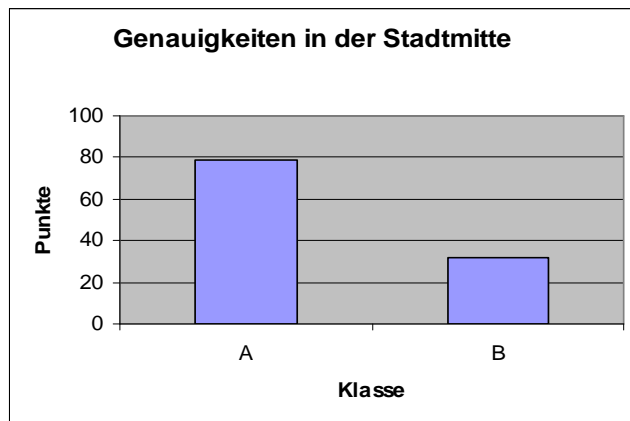


Abb.9-026: Positionsgenauigkeiten in der Stadtmitte

### 9.2.2.3.3. Südliches Bergland

Die südliche Gebirgsgegend wird zum einzigen Fluchtort für die Menschen, wenn eine Katastrophe ausbricht. Hier gibt es auch Tourismus wegen des Berges von tausenden Buddhastatuen (Abb.9-027). Jeden Tag kommen Tausende von Reisenden aus aller Welt.

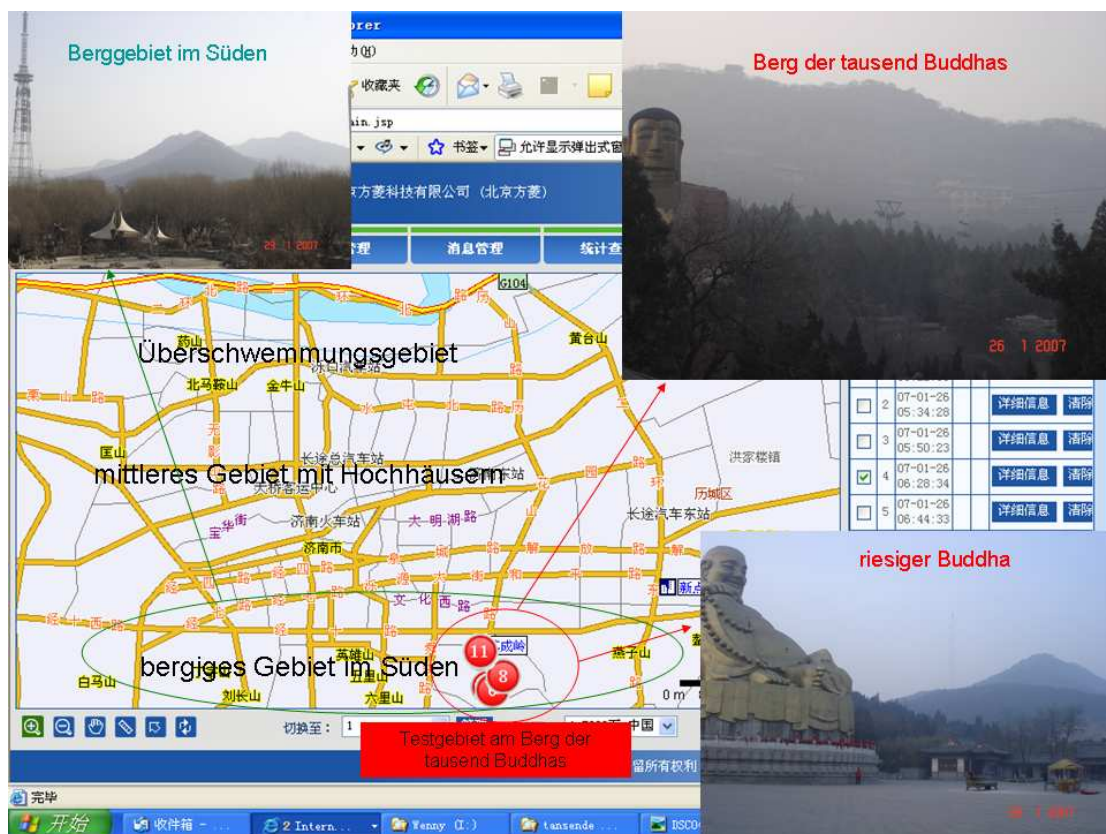


Abb.9-027: Sehenswürdigkeiten im Südgebiet

In diesem Gebiet wurden mit MS-Based insgesamt 11 Punkte in verschiedenen Umgebungen wie z.B. im Wald, im Tempel und auf der Bergspitze bestimmt. Die Genauigkeiten aller Punkte sind in der A-Klasse.



Abb.9-028: Tests in Gebirgsgegend

### 9.2.2.4. Analyse der Resultate

Mit den Messungen im Zug nach Peking und in der Hauptstadt Peking sowie den Messungen für Simulationstests am Gelben Fluss gegen Eisstoß wurden insgesamt 113 Punkte gemessen. Davon sind 79 Punkte in der Klasse A und 32 Punkte in der Klasse B, jedoch nur 2 Punkte in der Klasse C (Abb.9-029) (Anlage 2).

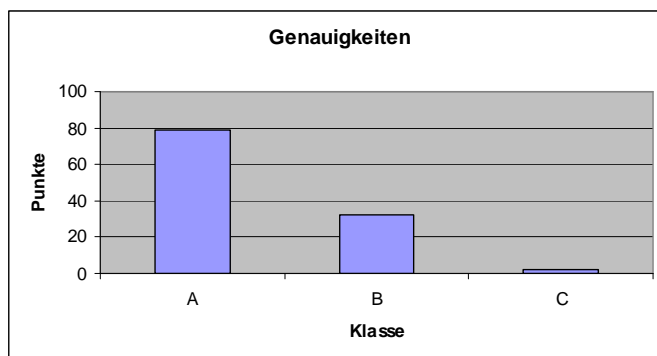


Abb.9-029: Genauigkeiten aller Punkte

## 9.3. Simulationstest zur Rettung von durch Hochwasser eingeschlossenen Menschen

Wie in obigen Situationen deutlich gezeigt, erreichen die meisten Beobachtungen mit dem KZ860 durch A-GPS-Funktionen von Unicom China die Genauigkeitsklasse A. So ist es möglich, diese A-GPS-Technik vorteilhaft für Rettungsaktionen bei Hochwasser oder ähnlichen Katastrophen einzusetzen.

Im Amt für Land und Ressourcen wurde eine Rettungsaktion simuliert (Abb.9-030, 9-031).

Die von der „eingeschlossenen“ Person mit der Funktion PositionStar im Handy KZ860 erhaltene Position wurde zur Informationsplattform gesandt. Die Positionsinformation lautete dabei „in der Nähe vom Vermessungsamt (jetzt das Amt für Land und Ressourcen)“. Die Position dieser Person wurde in der Informationsplattform angezeigt.

Die Informationsplattform bzw. Rettungszentrale forderte die Positionierung von Rettungsteams an und suchte das nächste Team, z.B. Punkt 15.

Die Positionsinformation wurde von der Informationsplattform zum gesuchten Team gesandt.

Das Rettungsteam erhielt die Positionsinformation der eingeschlossenen Person.

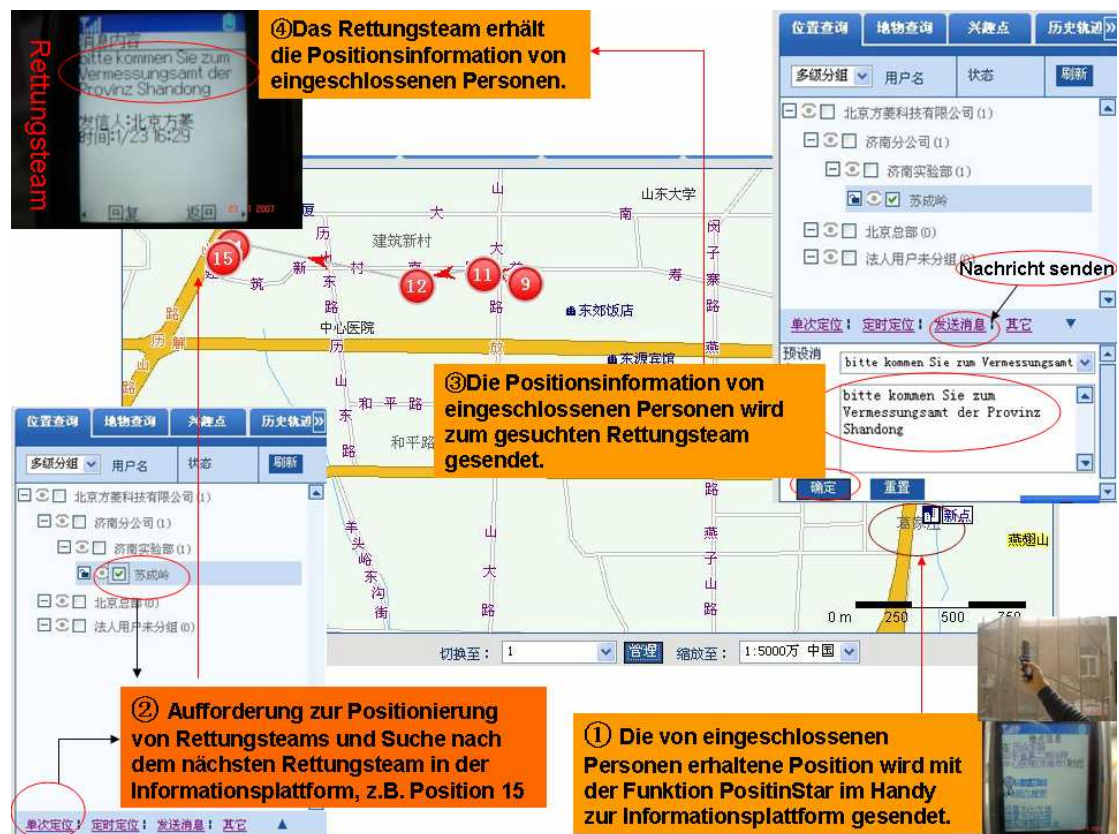


Abb.9-030: Simulationsaktion zur Rettung einer eingeschlossenen Person (1)

Das Rettungsteam erhielt die Positionsinformation und setzte sie als Zielpunkt. Die Position des Rettungsteams wurde durch sein mit gpsOne-Chip ausgerüstetes Gerät gemessen und als Ausgangspunkt gesetzt. Die Navigationsfunktion wurde im Handy aktiviert, ein Navigationspfeil wurde auf dem Handy angezeigt und sollte zum Zielpunkt führen.



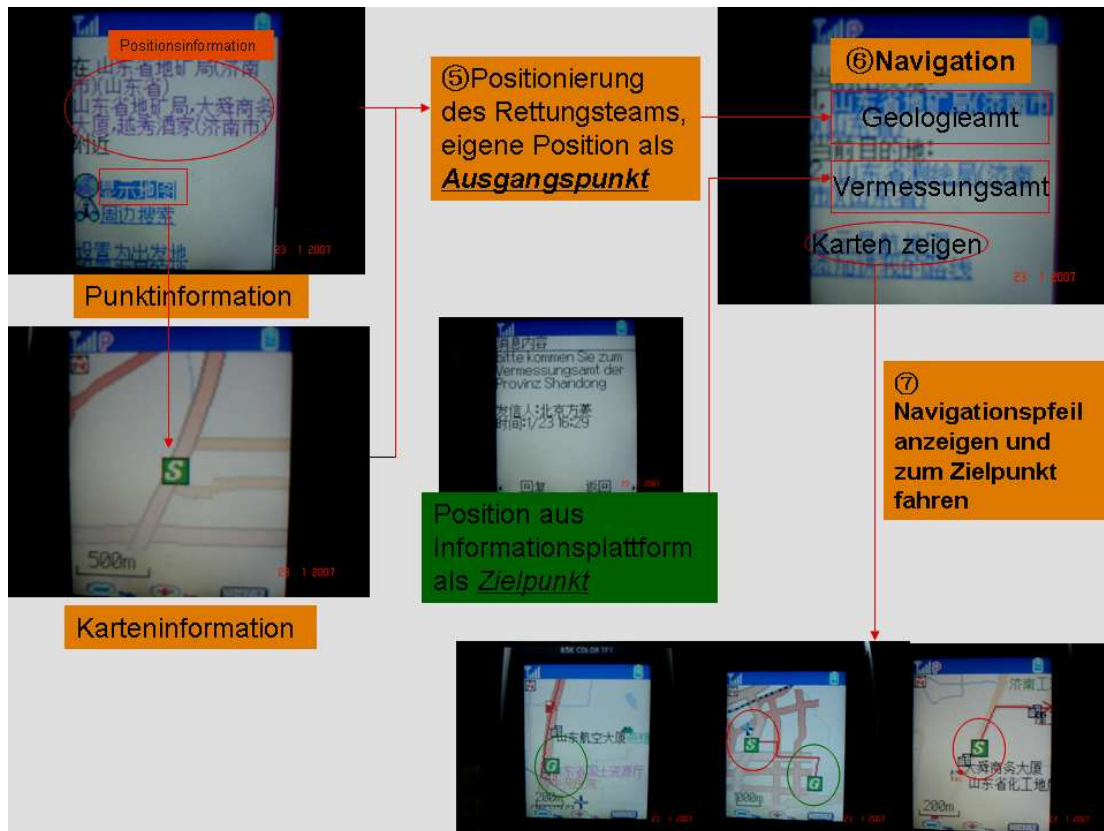


Abb.9-031: Simulationsaktion zur Rettung einer eingeschlossenen Person (2)

In diesem Fall befand sich das A-GPS-Handy im zweiten Stock eines neunstöckigen Gebäudes, außerdem stand gegenüber noch ein vierstöckiges Gebäude. Ohne Einführung der Assistenzdaten konnte die Positionierung des A-GPS-Handys gar nicht durchgeführt werden. Wie in Kapitel 9.2.2.1.1. und 9.2.2.1.2 sowie in der Abbildung 9-015 und 9-06 dargestellt, wurde die Positionierung nur am Fenster wie bei den Punkten 2, 3, in einem mit dünnen Materialien gebauten Gebäude wie bei Punkt 9 in der Abbildung 9-016 oder nach der Initialisierung wie am Punkt 4 in der Abbildung 9-015 ermöglicht, ansonst wurde der Modus mit Cell-ID durchgeführt wie bei Punkt 1 in der Abbildung 9-015 und den Punkten 6, 7, 8. Die Genauigkeit bei diesen letzten Testpunkten reichte nicht für eine Rettungsarbeit aus.

## 9.4. Simulationstest zur Überwachung von Eisstößen des Gelben Flusses

Theoretisch kann ein Handy mit MMS- Funktion und gpsOne Technik die aktuellen Photos des Eisstandes im Fluss online zur Zentrale senden. Die Zentrale kann mit diesen Photos aus erster Hand die Eisstoßsituation des Flusses analysieren und die entsprechenden Maßnahmen einleiten. Dies wurde auch in Kapitel 7.4. ausgeführt. Das Handy KZ860 bietet jedoch noch keine Funktion von MMS. So werden die von der Handycamera fotografierten Bilder nicht zur Zentrale gesandt. Hier wurden die Photos in den vom A-GPS-Handy positionierten Orten mit einer Digitalkamera

gemacht. In diesem Winter kam wegen des trockenem und warmem Wetters kein Eis vor (für diese Arbeit „leider“). In der Abbildung 9-032 kann man klar ersehen, dass die A-GPS-Technik in der Überwachungsaktion von Eisstößen problemlos eingesetzt werden kann. Man benötigt nur zusätzliche Geräte sowie weitere Funktionen wie z.B. PDA oder Handy integriert mit digitaler Kamera und A-GPS-Funktion.

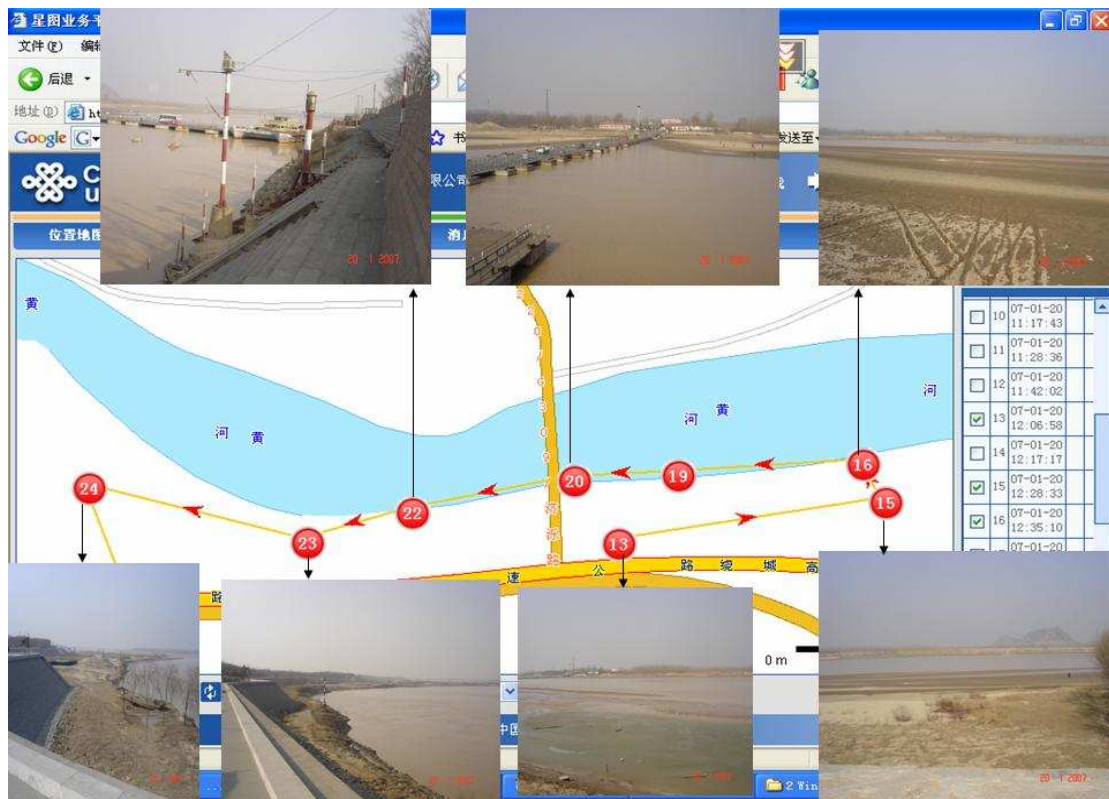


Abb.9-032: Simulationstest zur Überwachung mit A-GPS-Handy und Kamera

Meistens kann die hohe Sensitivität des A-GPS-Handy im Standalone - Modus bei der Überwachung von Eisstoß benutzt werden, obwohl eventuell einige Punkte in ungünstiger Umgebung berechnet werden müssen, so liegt beispielsweise Punkt 22 in der Abbildung 9- 033 tief im Fluss neben dem Damm. Mit der Initialisierung kann der A-GPS Chip im Handy die Satellitenbahndaten stundenlang benutzen, ohne dass die Assistenzdaten eingeführt werden. Die Akquisitionszeiten können auch durch die hohe Sensitivität des GPS-Chips auf einige Sekunden statt einige Minuten radikal reduziert werden. Aber für den Erhalt jener Positionen, die, wie die Abbildung 7-023 im Kapitel 7.4.2. zeigt, in einem Überwachungsauto liegen, mit dem das Ufer stundenlang abgefahren wird, muss unbedingt ein A-GPS-Server kontaktiert und die Assistenzdaten eingeführt werden. Wie in Kapitel 9.2.2.1.3 erläutert und in Abbildung 9-017 gezeigt, werden auch im Bus Positionierungsgenauigkeiten bis zur Klasse A und auch Akquisitionszeiten von nur wenigen Sekunden erreicht.

Aber wie oben in diesem Kapitel erwähnt, verfügt dieses Handy KZ860 leider nur über die Modi MS- Based und MS-Assisted, jedoch über keine Funktion von Standalone. Das heißt, es wird auf jeden Fall mit dem GPS-Server verbunden, auch wenn es gute Beobachtungsbedingungen zu den Satelliten gibt. So wurden alle

Positionierungen von Punkten für den Test zur Überwachung von Eisstoß bereits mit dem A-GPS-Server durchgeführt. Das ist auch der Grund, dass die mit gpsOne-Chip ausgerüsteten Handys, die nur mit zwei A-GPS-Modi arbeiten, eher selten auf dem Markt sind.

## 9.5. Datenschutz

Auch der Datenschutz wird im Handy KZ860 berücksichtigt. So gibt es ein Konfigurationsmenü, das spezifisch auf Datenschutz ausgerichtet ist. Eine Suche nach der eigenen Position sowie die Zusendung einer Nachricht kann einfach abgestellt werden, indem man das Menü „Datenschutz“ aufsucht und die entsprechenden Funktionen auswählt.

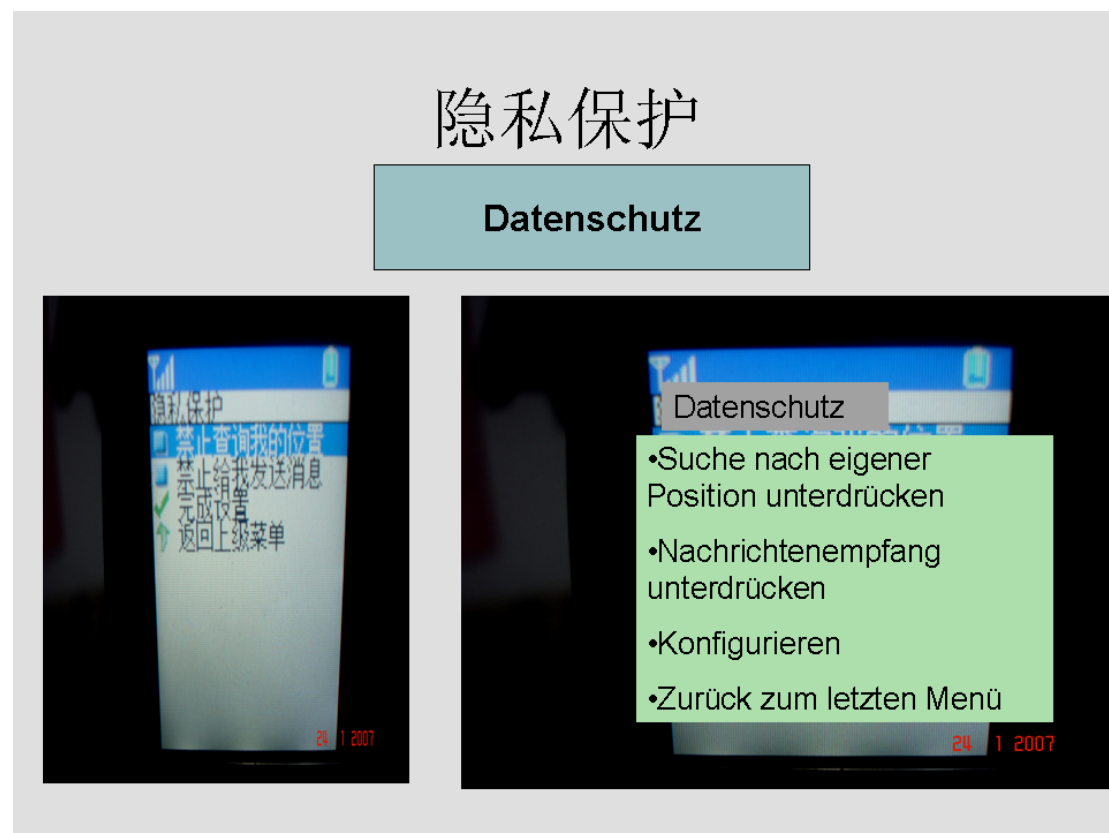


Abb.9-033: Datenschutzmenü im Handy KZ860

## Kapitel 10. Ausblick der Anwendungen

Die Menschheit benötigt dringend Sicherheit angesichts der zunehmend polarisierenden politischen Entwicklungen sowie der Bedrohungen des Terrorismus. Auch die von Menschen beschleunigte Klimawandlung verschlimmert sich immer mehr und die Katastrophen mit immensen Gefahren für die Menschen werden öfter und heftiger ausbrechen. Die Aufarbeitung dieser Katastrophen während der letzten Jahre hat gezeigt, dass Deutschland sowie andere Länder nicht genügend auf solche Extremsituationen vorbereitet ist. Die Entwicklung und Bereitstellung der Methoden und Werkzeuge, wie z.B. zuverlässige Vorhersage-, Frühwarn- und Informationssysteme, sowie angepasste Vorsorgestrategien erfordern einerseits das Zusammenwirken der verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen und andererseits den engen Austausch zwischen Wissenschaft und operativem Katastrophenmanagement [MERZ, et al. 2004]. Wir alle sollten dies primär ernst nehmen und die entsprechenden Maßnahmen treffen. Damit sich jeder von uns sicher fühlen und schnell in Sicherheit gebracht werden kann, sollen die modernen Techniken, die in Notfällen helfen, in den vom Menschen am häufigsten benutzten Geräten, wie Handys, Uhren und dergleichen vorgehalten werden. Mit den Entwicklungen in der Halbleitertechnik werden die Chips sowie Handys immer kleiner und preisgünstiger.

Im Rahmen des Enhanced 911 Programms in den USA mussten alle Anbieter von drahtlosen Diensten ihre Infrastruktur so umrüsten, dass seit Ende 2005 alle von Mobiltelefonen aus getätigten Notrufe genau lokalisiert werden können - in dieser zweiten Phase erfolgte dies meist mit Triangulation, deren Ergebnisse auch dem Handy zur Verfügung stehen [DRAHEIM 2007]. Bis Ende 2007 hat die japanische Regierung alle Mobilfunkanbieter und Handyhersteller aufgefordert, die Services von LBS zur Positionierung mit A-GPS-Techniken ins Handy zu integrieren [WINTER 2005]. Wie in dieser Arbeit dargelegt, sind die Anwendungen der A-GPS-Technik bei Rettungsaktionen für infolge von Naturkatastrophen eingeschlossene Menschen schon nachweisbar praktikabel und effizient und daher zur umgehenden Realisierung bereit.

Mit der Entwicklung des europäischen Satellitensystems Galileo sowie des chinesischen CNSS können als weitere Anwendungen von A-GNSS die folgenden Bereiche angegeben werden:

**Verkehrsverwaltungssystem.** Um all die Fahrzeuge wie. z.B. Züge, Busse, LKW etc. aus Sicherheits- oder ähnlichen Gründen insgesamt verwalten und disponieren zu können, ist es sinnvoll, ein Verwaltungssystem auf Basis der A-GNSS-Technik aufzubauen. Damit können alle Fahrzeuge in der Zentrale zu jeder Zeit angezeigt, die gefährliche Waren transportierenden Fahrzeuge kontrolliert, alle Züge rechtzeitig disponiert sowie die Baumaterialien fahrenden LKW abgefertigt und verwaltet werden.

**Ölleitungsüberwachung.** Mit spezifischen Sensorgeräten und A-GNSS-Technik können die Überwachungs- und Vorbeugemaßnahmen in Echtzeit einfach

durchgeführt werden. Die Überwachungsdaten können auch zeitgerecht zur Zentrale gesandt und bearbeitet werden.

**Meteorologie.** Von einem Beobachtungsballon mit A-GNSS-Technik können die gemessenen meteorologischen Daten mit Positionen versehen zur Zentrale gesandt werden. Zusammen mit den an Beobachtungsstationen gemessenen Daten kann ein hochaktuelles meteorologisches Modell erstellt werden.

**Wasserwirtschaft.** Wie in dieser Arbeit ebenso behandelt, kann die A-GNSS-Technik in der Wasserwirtschaft eingesetzt werden. Mit einem speziellen Sensor und dem A-GNSS-Gerät kann die aktuelle Überwachung für Wasserstand, Wasserqualität und Regenfallmenge etc. von Flüssen oder Seen realisiert werden.

**Erdbeben.** Für die Rettungsaktion können die in der Arbeit beschriebenen Maßnahmen durchgeführt werden, insbesondere zur Auffindung und Bergung unter Trümmern begrabener Menschen. Die Daten aus den Überwachungsstationen können auch mit W-GPS in der Zentrale gesammelt und bearbeitet werden.

**Waldbrandschutz.** Mit W-GPS und digitalen Videokameras kann ein Überwachungssystem für den Waldbrandschutz aufgebaut werden. Für eine Brandlöschaktion können die mit A-GNSS ausgerüsteten Geräte für die eingesetzten Feuerwehrgewerke, Hubschrauber, Autos sowie Personen eingesetzt werden. Die Zentrale kann mit aktuellen Positionsinformationen die Löschaktion in Echtzeit verwalten und kontrollieren.

Des Weiteren kann A-GNSS in den Bereichen **Bauwesen** (z.B. Überwachung der Baumaschinen und Baumaterialien), **Umweltschutz** (z.B. Aufbau eines Umweltüberwachungssystems), **Landwirtschaft** (z.B. Bodenwertkontrolle und Landnutzung) eingesetzt werden.

Einiges, ja vieles ist auf Basis von GPS oder GNSS schon tatsächlich realisiert – A-GPS und A-GNSS können effektiv dazu beitragen, dass die Bedingungen für einen Ortungserfolg wesentlich ungünstiger sein dürfen als mit der konventionellen Technik!

Es steht zu hoffen, dass weltweit die Infrastruktur zur Anwendung der A-GNSS-Technik so bald wie möglich bereitgestellt wird.

## Schlussworte

Die wissenschaftlichen und theoretischen Ideen benötigen zur Realisierung eine entsprechende Finanzierung. Manche Ideen haben bisher noch nicht die entsprechenden Partner bzw. Finanzierung gefunden und wurden somit noch nicht in die Praxis umgesetzt. Den zuständigen chinesischen Stellen habe ich bereits diesen kostspieligen Vorschlag unterbreitet und sie schienen sich auch dafür zu interessieren, zumindest unterstützten sie schon die Tests in China. Über die konkrete Zusammenarbeit habe ich bis heute jedoch noch keine Antwort erhalten. Das Klima auf der Welt wird immer schlechter und die Bedrohungen aus der Natur gegen die Menschen immer größer. Die neuesten Folgen des Klimawandels können auch die in China gerade entstehenden Hochwasserereignisse verkörpern. Das menschliche Verursachen des Klimawandels, z.B. die Errichtung des chinesischen Dreischluchten-Staudamms, rächt sich allmählich in den Katastrophen, denen der Mensch ausgesetzt wird. Am 23.05.2007 wurde das Chongqing Autonomiegebiet um die Dreischluchten von starken Regenfällen heimgesucht und 110.000 Menschen wurden evakuiert. Dabei sind insgesamt 23 Menschen ums Leben gekommen und 10 Personen bleiben vermisst [INTERNET 53]. Seit Anfang Juni haben Südchina starke anhaltende Regenfälle getroffen. Bis 10.06.2007 sind insgesamt 66 Menschen allein in Südchina, den Provinzen Guangdong, Guangxi, Fujian, Guizhou und Hunan ums Leben gekommen und 12 Menschen werden vermisst. Die Zahl der dem Hochwasser ausgesetzten Menschen hat in China schon 8,97 Millionen erreicht [INTERNET 54].

Vorsorge und Schutz gegenüber Auswirkungen des globalen Klimawandels wurden als internationales Kernproblem erkannt. Der G8-Gipfel 2007 in Heiligendamm hat diese Schlüsselfrage eingehend diskutiert und auch einen positiven Beschluss zum Klimaschutz erreicht [INTERNET 55]. Als wissenschaftlich orientierter Vermessungsingenieur hoffe ich, dass mein hier dargelegter Vorschlag zum Einsatz neuester Technik schnellstmöglich im Katastrophenschutz zum Einsatz kommen kann. Mein Wunsch ist, dass damit möglichst viele, während Naturkatastrophen bedrohte Menschen, rechtzeitig in Sicherheit gebracht oder im Ernstfall gerettet werden können und Verluste an Menschenleben möglichst vermieden werden können.

## Literaturverzeichnis

[3GEO 2004] **3Geo:3Geo-Stadtplan im Hosensack.** Handy.at., 13.12.2004.  
[www.handy.at](http://www.handy.at).

[AGARWAL et al. 2002] Agarwal, N.; Basch, J.; Beckmann, P.; Bharti, P.; Bloebaum S.; Casadei, S.; Chou, A.; Enge, P.; Fong, W.; Hathi, N.; Mann, W.; Stone, J.; Tsitsiklis, J.; Van Roy, B.: *algorithms for GPS operation indoors and downtown.* GPS solution(2002)6: 149-160.

[ADOLF 2004] **Adolf, S.:** *Siemens SX1 mit A-GPS auf der CeBIT entwendet.* AreaMobile, 03.04.2004.  
<http://www.areamobile.de/news/1747.html?PHPSESSID=d9dbb16c28082dcee1a1796d6655e172>.

[ARINC 2000] **Arinc:** *NAVstar GPS SpaceSegment/Navigation User Interface.* Interface Control Document ICd-200 Revision-200C-004, ARINC Research Corporation, EI Segundo, California.

[ASI- TRIOL 2005] **ASI- Triol:** *Hochwasser Bezirk Landeck 2005,* Bildergalerie. ASI, Land Triol, BH Landeck. 2005.  
<http://www.alpinesicherheit.com/bild/hochwasser2005/>.

[BAUER 1997] **Bauer, M. :** *Vermessung und Ortung mit Satelliten.* Wichmann, Heidelberg, 1997.

[BAUER 2003] **Bauer, M.:** *Vermessung und Ortung mit Satelliten.* Wichmann, Heidelberg, 2003.

[BDSTAR NAVIGATION 2005] **BDStar Navigation:** *Beidou Satelliten Navigation System.* BDStar Navigation, Peking, 2005.  
[http://www.navchina.com/Article\\_techp.asp?ArticleID=361](http://www.navchina.com/Article_techp.asp?ArticleID=361).

[BECKER 2006] **Becker, M.:** *GPS Modernisierung und seine Auswirkungen.* 66. DVW-Seminar GPS und Galileo-Methoden, Lösungen und neueste Entwicklungen, Darmstadt, Schriftenreihe DVW, Band 49, Wißner Verlag.

[BENEDICTO 2000] **Benedicto, J.; Dinwiddy, S.E.; Gatti, G.; Lucas, R.; Lugert, M.:** *Galileo, Satellite Design and Technology Developments,* European Space Agency, Noordwijk, November, 2000.

[BERNAS 2004] **Bernas, J.:** *QUALCOMM's MSM6250 Chipset Selected by ZTE Corporation for the WCDMA (UMTS)/GSM/GPRS Market.* Qualcomm CDMA, 23.02.2004. <http://www.qualcomm.com/press/releases/2004/press1327.html>.

[BLOMENHOFER et al. 2003] **Blomenhofer, H.; Ehret, W.; Blomenhofer, E.:** *Performance Analysis of GNSS Global and Regional Integrity Concepts*, Proceedings of ION GPS/GNSS 2003, September, Portland OR.

[BOHLMANN 2007] **Bohlmann, K.:** Nokia 6110 Navigator macht sich "auf den Weg"- Kartenmaterial inklusive. Nokia Deutschland, 15.03.2007.  
[http://www.nokia.de/de/mobiltelefone/modelluebersicht/6110\\_navigator/funktionen/253352.html](http://www.nokia.de/de/mobiltelefone/modelluebersicht/6110_navigator/funktionen/253352.html).

[BONSEN 2006] **Bonsen, G. Z. :** Sofortige Positionierungsbestimmung auf Knopfdruck zu jeder Zeit mit Assisted GPS. U-blox AG. GPS-X-06021, 07, Juni. 2006.

[BROWN 1992] **Brown, A.:** *The TIDGET - A Low Cost GPS Sensor for Tracking Applications*, Proceedings ION GPS-92, Albuquerque, pp. 661-669.

[VARVER 2005] **Carver, C.:** *Myths and Realities of Anywhere GPS*, GPS-World, Vol. 16, No. 9, pp. 30-41.

[CABLER] **Cabler, H.:** Presentation GNSS 4.2, ICAO CAR/SAM ATN/GNSS SEMINAR, GPS Modernization.  
[http://www.icao.int/nacc/meetings/atngnss2002/gnss\\_42\\_cabler.pps](http://www.icao.int/nacc/meetings/atngnss2002/gnss_42_cabler.pps).

[CHEN 2006] **Chen, P.:** *Das Beidou-System konkurriert dem amerikanischen GPS*. Tom Net, 23.10.2006, Peking. <http://news.tom.com/2006-10-23/004F/84562546.html>.

[CHINA UNICOM] **China Unicom**, <http://www.myuni.com.cn/lbs/lbs8.aspx>.

[DJUKNIC et al 2001] **Djuknic, Goran M.; Richton, Robert E.:** *Geolocation and Assited GPS*, Bell Laboratories, Lucent Technologies, Volum34, Issue2, February 2001.  
[http://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)

[DRAHEIM 2007] **Draheim, G.:** *Unterstützung---Assisted Global Positioning System*. Wikipedia.de, Januar.2007.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Assisted\\_Global\\_Positioning\\_System](http://de.wikipedia.org/wiki/Assisted_Global_Positioning_System).

[DUAN 2005] **Duan, J.:** *Jinan wurde von Sturm überrascht und der Verkehr geriet ins Stocken*. 04.08.2005. XINHUANET.com. [http://news.xinhuanet.com/photo/2005-08/04/content\\_3306720.htm](http://news.xinhuanet.com/photo/2005-08/04/content_3306720.htm).

[E112 2005] Implementation status for E112 in EU-25& Incremental costs of eCall on top of E112. Draft version 0.3, Januray 31,2005.

[EBERSPÄCHER et al. 1997] **Eberspächer, J.; Vögel, H.-J.:** *GSM Global system for Mobile Communication* B.G. Teubner Stuttgart 1997.

[EISFELLER 2004] **Eisfeller, B.:** *GPS-Modernisierung: was ändert sich für das Vermessungswesen?* Intergeo, Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 13.-15. Oktober 2004



- [EISFELLER et al. 2005a] **Eisfeller, B.; Teuber, A.; Zucker, P.:** *Untersuchungen zum GPS Satellitenempfang in Gebäuden*, AVN, 112. Jg., Heft 4, pp. 137-145.
- [EISFELLER et al. 2005b] **Eisfeller, B.; Teuber, A.; Zucker, P.:** *Indoor-GPS: Ist der Signalempfang in Gebäuden möglich?*, ZfV, 130. Jg., Heft 4, pp. 226-234.
- [EISFELLER et al. 2006a] **Eisfeller, B.; Schüler, T.:** *Das Europäische Satellitennavigations-system GALILEO*. 66. DVW-Seminar GPS und Galileo-Methoden, Lösungen und neueste Entwicklungen, Darmstadt, Schriftenreihe DVW, Band 49, Wißner Verlag
- [EISFELLER 2006b] **Eisfeller, B.:** *Technik und Anwendungen von GALILEO*. Informations-Workshop: GALILEO Technik & Anwendung. Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst. München, 10. Februar. 2006.
- [ENGE et al. 2001] **Enge, P., Fan R., Tiwari A.:** *GPS reference networks' new role: Providing continuity and coverage*. GPS World, July, Vol. 12, No. 7, pp. 38-45.
- [ERIDE 2006] **eRide:** *eRide Europe GmbH*. System 2006, IT, Media and Communication. 23-27. Oktober, 2006, Muenchen.
- [EU 2001] **Europäische Kommission:** *GALILEO, unverzichtbar für Europa, Information*. Generaldirektion Energie und Verkehr, Brüssel, 2001.
- [EU 2002a] **Europäische Kommission:** *Das europäische Satellitennavigationsprojekt*. Generaldirektion Energie und Verkehr, 26. März. 2002.
- [EU 2002] **Europäische Kommission:** *GALILEO, Der Countdown läuft*. Generaldirektion Energie und Verkehr, April, 2002.
- [EU 2002c] **Europäische Kommission:** *Galileo Mission High Level definition*, 23 September 2002.
- [EU 2003] **Europäische Kommission:** *The GALILEO Project, GALILEO Design Consolidation*. UK, August, 2003.
- [EU 2003] **Europäische Kommission:** *Commission Recommendation of 25. July 2003*.
- [FENG 2003] **Feng, Y.:** *Combined Galileo and GPS: A Technical Perspective*. Journal of Global Positioning System, 2003, Vol.2, No.1:67-72.
- [GARIN et al. 1999] **Garin, L.J.; Chansarkar, M.; Miocinovic, S.; Norman, C.; Hilgenberg, D.:** *Wireless Assisted GPS-Sirf Architecture and Field Test results*, Proceedings, ION GPS-99, Nashville, pp. 489-497.
- [GLEN GIBBONS 2004] **Glen Gibbons, Jr.:** *GPS & Galileo: Prospect for Building the next Generation of Global Navigation Satellite Systems*. Journal of Global Positioning Systems(2004), Vol3, No.1-2:12-15.

- [GLONASS] *Glonass*: Wikipedia  
[http://de.wikipedia.org/wiki/GLONASS#Wichtige Daten des Systems](http://de.wikipedia.org/wiki/GLONASS#Wichtige_Daten_des_Systems)
- [GLONASS<sup>1</sup>] GPS Technology GLANOSS.  
<http://www.hr-tews.de/GPS/glonass.htm>
- [GLÜCKERT 2006] **Glückert, U.**: *GPS Modernisierung, Amerikas Antwort auf Galileo*. Geodätisches Seminar im Wintersemester 2006/7, 09.11.2006.
- [GPS-TRACKING 2006] *GPS - Glossary. Smart Track Dealer Network.*  
[http://www.smart-track.net/gps\\_glossary.html](http://www.smart-track.net/gps_glossary.html).
- [GUO et al. 2003] **Guo, J.; Langley, R.**: *A new tropospheric propagation delay mapping function for elevation angles down to 2°*. Proceeding of ION GPS/GNSS 2003, September. Portland OR.
- [HAMMERHEAD]: Hammerhead PMB 2525. Hammerhead Development Kit-- Getting Started. Global Locat und Invention, 04.11.2005.
- [HATFIELD 2002] **Hatfield, D. N.**: A Report on Technical and Operational Issues Impacting  
*The Provision of Wireless Enhanced 911 Services*, Prepared for the Federal Communications Commission, 2002.
- [HEINRICHS et al. 2004] Heinrichs, G; Lemke, N.; Schmit, A.; Neubauer, A.; Kronberger, R.; Rohmer, G.; Förster, F.; Angel Avila-Rodriguez, J.; Pany, Th.; Eissfeller, B.; Ehm, H.; Weigel, R.: *Galileo/GPS Receiver architecture for high sensitivity acquisition.*  
<http://forschung.unibw-muenchen.de/papers/cihnayxemg1kasixjiihsvfivjpnb.pdf> .
- [HILLA 2002] **Hilla, S.**: *Extending the Standard Product 3(SP3) Orbits Format*. IGS Network, Data and Analysis Center Workshop, October 2002.
- [HOFFMANN et al.1997] **Hoffmann, B.; Lichtenegger, H.; Collins, J.**: *Global Positioning System, Theory and Practice*. Springer Verlag, Wien, 1997.
- [HU 2005] **Hu, L.**: *Die Anwendungen von Satellitennavigationssystem sowie Kommunikationstechnik bei der Regulierung des Gelben Flusses*. Das Netz für Elektrizität und Träger, 2005. [http://www.plccn.com/news\\_1.asp?id=372](http://www.plccn.com/news_1.asp?id=372).
- [INFINEON 2005] **Infineon**: *Hammerhead PMB2520 Single Chip A-GPS Solution*. Infineon Technologies AG, 09.Mai, 2005. [www.infineon.com](http://www.infineon.com).
- [INSIDEGNSS 2007] **InsideGNSS**: French researchers measure Compass signals.  
<http://www.insidegnss.com/compass.php>.
- [KAFFIANER 2005] **Kaffianer, R.**: *Donauhochwasser 2002*. Wikipedia. 26.08.2005.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Donauhochwasser\\_2002](http://de.wikipedia.org/wiki/Donauhochwasser_2002).

- [KALKKOWSKI 2000] **Kalkowski A.:** *Gewässer in Deutschland*. Landesdenkmalamt Baden-Württemberg. In 2000.  
<http://www.teraqua.de/kuwa/kuwa1a1.html> .
- [KARUNANAYAKE et al. 2004] **Karunanayake, D.; Cannon M.E.; Lachapelle G.; Cox G.:** *Evaluation of AGPS in Weak Signal Environments Using a Hardware Simulator*. Proceedings of GNSS 2004 (Session A6, Long Beach, CA, 21-24 September), the Institute of Navigation, Fairfax, VA.
- [KARUNANAYAKE et al. 2005] **Karunanayake, M.D.; Cannon, M.E.; Lachapelle, G.:** *Effect of kinematics and Interference on Assisted GPS (AGPS)*. ION NTM 2005 Session E2: Location Based Services and Indoor Navigation.
- [KLOBUCHAR 1991] **Klobuchar, J.:** *Ionospheric Effects on GPS*. GPS World, 2(4): 48-51.
- [KLOBUCJAR 1996] **Klobuchar, J.:** *Ionospheric Effects on GPS*. In: Parkinson, Spilker (eds.) (1996), Vol.1, and Chap.12: 485-515.
- [LACHAPELLE 2004] **Lachapelle, G.:** *GNSS Indoor Location Technologies*. Journal of Global Positioning Systems, vol. 3, No. 1-2:2-11.
- [LEICK 1995] **Leick, A.:** *GPS satellite Surveying*, Second Edition. Jon Wiley & Sons, Inc, USA, 1995.
- [LEICK 2004] **Leick, A.:** *GPS satellite Surveying*, Third Edition. Jon Wiley & Sons, Inc, USA, 2004.
- [LI 2002] **Li, D.:** *Verkehrsbehinderungen wegen Starkeregens*. News. Eastday.com. 03.08.2002. <http://china.eastday.com>.
- [LI et al. 2006] **Li, H; Yin, Q; Jiang, L.:** *Entwicklung und Anwendungen der BREW Technik*, Verlag für Maschinenindustrie, 2006.
- [LI 2006] **Li, Y.:** *Mitarbeiter für Messungen des Eisstands*. Gelber Fluss Chinas, 04. 01. 2006.  
[http://www.sdhh.gov.cn/news/Article\\_Show.asp?ArticleID=15009](http://www.sdhh.gov.cn/news/Article_Show.asp?ArticleID=15009).
- [LI 2007] **Li, G.:** *Chinesisches CNSS bricht das Raummonopol des Westens*, Volkswesseite, 08.02.2007, Peking.  
<http://military.people.com.cn/GB/1076/52984/5380297.html>.
- [LINDBERG 2006] **Lindberg, C.:** *Finanzierungsmöglichkeiten und Programme*, DLR Nationale Kontaktstelle Raumfahrt. Informations-Workshop: GALILEO Technik & Anwendung. Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst. München, 10. Februar. 2006
- [LIU 1996] **Liu, D.:** *Theorie von GPS und Datenverarbeitung*. Der Verlag der Universität Tongji. Shanghai, 1996.

[LIU 2006] **Liu, Zh.:** China wird 35 Satelliten von CNSS mit einer Genauigkeit von 10 Metern starten, Volkswebseite, 02.11.2006, Peking.  
<http://military.people.com.cn/GB/8221/61117/72622/72635/4992320.html>.

[LUNDGREN et al. 2005] **Lundgren, D.; van Diggelen, F.:** *Assistance When There's No Assistance*, GPS-World, Vol. 16, No. 10, pp. 32-36.

[MA 2006] **Ma, Y.:** *Vergleich zwischen Beidou und GPS*, Zolnet, 14.12.2006, Peking.  
<http://gps.zol.com.cn/47/477723.html>.

[MALSCH 2002] **Malsch, S.:** *Flood in Blasewitz*, Dresden at the Schillergarten, August 2002, Dresden.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Schillergarten\\_Dresden\\_August\\_2002.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Schillergarten_Dresden_August_2002.jpg).

[MARTON 2005] **Martone, M; Metzler, J.:** Prime Time Positioning: Using Broadcast TV Signals to Fill GPS Acquisition Gaps. Sep. 2005. GPS World

[MAYR 2006] **Mayr, St.:** *GIS im Katastrophenmanagement*. TU München, Deutschland, Februar, 2006. <http://www.gis.bv.tum.de/content/view/106/230/>.

[MCDONALD 1999] **McDonald, K.D.:** *Performance Improvements to GPS in the Decade 2000-2010*. ION 55<sup>th</sup> Annual Meeting, Cambridge, MA.

[MERZ et al. 2004] **Merz, B.; Apel, H.:** *Risiken durch Naturgefahren in Deutschland*. Abschlußbericht des BMBF-Verbundprojektes Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen(DFNK). 21.Juni 2004, Potsdam.

[MILCHLER et al. 1998] **Michler, B.; Strey, M.:** *Untersuchungen zur DBA-Inhouse-Versorgung im L-Band*. 43rd International Scientific Colloquium, Technical University of Ilmenau, Sep. 1998.

[MISRA et al. 2001] **Misra, P; Enge, P.:** *Global Positioning system: signals, measurements, performance*, Ganga-Jumana Press, Linsoln, MA.

[MOEGLEIN et al. 1998] **Moeglein, M.; Krasner, N.:** *An Introduction to SnapTrack Server-Aided GPS Technology*, Proceedings ION TM-98, Nashville, pp. 333-342.

[MÜLLER 1992] **Müller, A.:** *GPS-Messverfahren und Bezugssysteme*. DGON-Seminar: Navigationssysteme. DGON, Düsseldorf, 1992.

[MURTAZIN 2006] **Murtazin, E.:** *Siemens SXG75- the last Siemens or addition to the review*. Mobil-review.com.12.01.2006.  
<http://www.mobile-review.com/review/siemens-sxg75-pre-en.shtml>.

[NA 2005] **Na, Y.:** Zu wenige Anwendungen des Beidou Navigationssystems in China von Akademiemitglied zutiefst bedauert. Xinhuanet, 18.03.2005, Peking.  
[http://news.xinhuanet.com/st/2005-03/18/content\\_2714566.htm](http://news.xinhuanet.com/st/2005-03/18/content_2714566.htm).

[NOKIA<sup>1</sup>] **Nokia 6110 Navigator Bedienungsanleitung**.  
[http://nds1.nokia.com/phones/files/guides/Nokia\\_6110\\_Navigator\\_UG\\_de.pdf](http://nds1.nokia.com/phones/files/guides/Nokia_6110_Navigator_UG_de.pdf)

[O'DONNELL et al. 2003] **O'donnel, M.; Watson, T.; Fisher, J.; Simpson, St.; Brodin G.; Bryant, E.; Walsh, D.:** *Galileo Performance, GPS Interoperability and Discriminators for Urban and Indoor Environments*. GPS- World, Jun. 2003.

[OPENWAVE 2002] **Openwave:** *Overview of location technologies*. Openwave, September, 2002.

[http://developer.openwave.com/omtdocs/location\\_studio\\_sdk/pdf/Intro to Location Technologies.pdf](http://developer.openwave.com/omtdocs/location_studio_sdk/pdf/Intro_to_Location_Technologies.pdf) .

[OSOBNĚ] **Osobn Ch.:** Historische Brücke in Písek im August 2002 überflutet. Písek.

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Pisek povoden.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Pisek_povoden.jpg)

[PARKINSON et al. 1996] **Parkinson, Bradford W.; Spilker, Lames J.:** *Global Positioning System: Theory and Applications*, Volume I, II, forth printing, America institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. USA, 1996.

[PETERSON et al. 1997] **Peterson B.; Bruckner D.; Heyer, S.:** *Measuring GPS Signals Indoors*. Proc. ION GPS 1997, Sep. 16-19, Kansas City, p. 615-624.

[PRASAD et al. 2000] **Prasad, R.; Mohr, W.; Konhäuser, W.:** *Third Generation mobile Communication Systems*. Artech House, Boston London, 2000.

[PREIS 2005] **Preis, S.:** *Prototypische Entwicklung eines Wireless-Assisted GPS mit einem Niedrigpreis-Empfänger*, Diplomarbeit, Lehrstuhl für Geodäsie, TUM. unveröffentlicht, 2005.

[REMONDI 1991] **Remondi, B.:** NGS second Generation ASCII and Binary Orbits Formats and Associated Interpolated Studies. Proc. IUGG XXth Gen. Assembly Vienna, August 1991.

[QUALCOM<sup>1</sup>] **Qualcom:** *gpsOne*. <http://www.cdmatech.com/products/gpsone.jsp>.

[QUALCOM<sup>2</sup>] **Qualcom:** *gpsOne Position-Location Technology*. [http://www.cdmatech.com/download\\_library/pdf/gpsone.pdf](http://www.cdmatech.com/download_library/pdf/gpsone.pdf).

[QUALCOM<sup>3</sup>] **Qualcom:** *gpsOnextra Assistance*. [http://www.cdmatech.com/download\\_library/pdf/gpsonextra\\_assistance.pdf](http://www.cdmatech.com/download_library/pdf/gpsonextra_assistance.pdf).

[RABINOWITZ et al.] **Rabinowitz, M.; Spilker, James J.:** *A New Positioning System Using Television Synchronization Signals*. Rosum, Ph.D Paper. [http://www.rosun.com/RosumCorpWhitePaper A New Positioning System Using Television Synchronization Signals.pdf](http://www.rosun.com/RosumCorpWhitePaper_A_New_Positioning_System_Using_Television_Synchronization_Signals.pdf).

[RIZOS et al. 2001] **Rizos, C.; Satirapod, C.:** *GPS with SA off: How good is it?* Measure & Map, 12, 19-21.

[ROTHACHER 2000] **Rothacher, M.:** *Ausgewählte Kapitel zur Geodätischen Nutzung von GPS* (Vorlesungsskriptum Sommersemester 2000). Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie. TUM, Mai 2000.

[RYLL et al. 2004] **Ryll, Olaf; Tauchnitz, M.:** *Elektronische Lokalisationssysteme. Technologie und Anwendungen.* 2004.

[ROSUM 2004a] **Rosum:** *Rosum TV-GPS.* 2004 Rosum Corporation.  
[http://www.rosum.com/rosum\\_tv-gps\\_indoor\\_location\\_technology.html](http://www.rosum.com/rosum_tv-gps_indoor_location_technology.html).

[ROSUM 2004b] **Rosum:** *Technology.* 2004 Rosum Corporation.  
[http://www.rosum.com/rosum\\_tv-gps\\_indoor\\_location\\_technology\\_overview.html](http://www.rosum.com/rosum_tv-gps_indoor_location_technology_overview.html).

[ROSUM 2004c] **Rosum:** *The Rosum TV-GPS Hybride Positioning Module.* 2004 Rosum Corporation.  
[http://www.rosum.com/rosum\\_tv-gps\\_hybrid\\_positioning\\_module.html](http://www.rosum.com/rosum_tv-gps_hybrid_positioning_module.html).

[SCHÄFER et al. 2002] Schäfer, C.; Weber, T.: Das Europäische Satellitennavigations-system GALILEO : Aktueller Stand der Systemdefinition .Mitteilung, DVW Bayern, 4/2002.

[SCHERL 2004] **Scherl:** *A-GPS-Special: A-GPS in Österreich.* AreaMobile, 25.01.2004.  
[http://www.areamobile.de/specials/special\\_agps\\_drei.php#](http://www.areamobile.de/specials/special_agps_drei.php#).

[SCHILCHER 2006] **Schilcher, M.:** *aktuelle Entwicklungen Geoinformationssysteme.* Galileo Technik & Anwendung Informationsworkshop, 10.02.2006, München.

[SEEBER 2003] **Seeber, G.:** *Satellite Geodesy.* Walter de Gruyter, Berlin New York, 2003.

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

[SNAP TRACK 2006] **Snap Track Inc.** 2006.  
<http://www.snaptrack.com/impact/index.jsp>.

[STONE 1997] **Stone, W.C.:** *Electromagnetic Signal Attenuation in Contraction Materials.* NIST Report 6055, National Institute of Standards, 1997, Gaithersburg, Maryland.

[SU 2003] **Su, Ch.:** *Entwicklung einer grafisch gestützten Absteckhilfe auf Basis der RTK-Technik.* Diplomarbeit Technische Universität München, unveröffentlicht, 2003.

[SU et al. 2006a] **Su, Ch; Liu, Y.:** *Application Potential of Galileo for Land and Resources Chinas.* Land & Resources, Vol. 55, 2/2006, P46-48. Institute of printing house Liaoning Province, 2006.

[SU 2006b] **Su, Ch; Barth, W; Wunderlich, Th; Liu, Y.:** *Die mobilfunkgestützte Satellitenpositionierungstechnik A-GPS – Wireless Assisted GPS.* Geomatik Schweiz 4/2006, pp224-248, 2006.

[SU 2006c] **Su, Ch; Wunderlich Th.:** *Monifunkgestütztes Galileo zur Frühwarnung vor Eisstoßbedrohungen an chinesischen Flüssen.* Galileo Technik & Anwendung Informationsworkshop, 10.02.2006, München.

[SU 2007] **Su, Ch.:** *Die Entwicklung von GNSS im Hinblick auf das Compass Navigationssystem.* Präsentation, 18.01.2007, Universität für Architektur der Provinz Shandong Chinas. Jinan.

[SYRJÄRINNE 2001] **Syrjärinne, J.:** *Studies of Modern Techniques for Personal Positioning,* Publication 319. Phd, Tampere University of Technology.

[SYRJÄRINNE et al 2002] **Syrjärinne, J. und Kinnari T.:** *Analysis of GPS Time-Transfer Accuracy in GSM and UMTS Networks and Possibilities to Improve Sensitivity,* Proceedings of ION GPS 2002, Portland, OR, September 24-27, pp. 184-191.

[SYRJÄRINNE et al. 2006] **Syrjärinne, J, Wirola, L.:** *Setting a new standard, Assisting GNSS Receivers that Use Wireless Network.* Oktober, 2006, InsideGNSS, pp26-31.

[TAYLOR et al. 1984] **Taylor RE., Sennott JW.:** *Navigation system and method.* US Patent 4,445,118, filed May 1981, issued April 1984

[TEUNISSEN et al. 1998] **Teunissen, P.J.G.; Kleusberg, A.:** *GPS for Geodesy,* 2nd Edition. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg 1998.

[TIAN 2006] **Tian Hong:** *Satellitensystem für Disposition und Kontrolle.* China Top Communication, Peking. <http://www.chinatopcom.com/thxt-ddjk.htm>.

[TJADEN 2006] **Tjaden, J.:** *Einführung in GALILEO.* Informations-Workshop: GALILEO Technik & Anwendung. Bayrisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst. München, 10. Februar. 2006

[TRIMBLE 2002] **Trimble, Ch.:** *Qualcomm and Siemens Modify Existing Licensing Agreement.* Qualcomm Incorporated, 26.08.2002, San Diego. [www.qualcomm.com](http://www.qualcomm.com).

[TSCHECHIEN 2002] **Tschechien:** *Hochwasser in der Tschechischen Republik.* Botschaft der Tschechischen Republik in Wien. <http://www.mzv.cz/wwwo/default.asp?id=28189&ido=14754&idj=36&amb=85>

[TUREPOSITION 2007] **TurePosition: A-GPS.** US Headquarter, 2007. [www.tureposition.com](http://www.tureposition.com).

[UNICOM 2006] **Unicom:** *Anwenderanleitung von StaronMap.* Zentrale von Unicom China. 12.2006.

[U-BLOX 2007<sup>1</sup>] **U-blox:** *AssistNow™ Online.* U-blox. 16.01.2007. [http://www.u-blox.com/technology/assistnow/assistnow\\_online.html](http://www.u-blox.com/technology/assistnow/assistnow_online.html).

[U-BLOX 2007<sup>2</sup>] **U-blox:** *AssistNow™ Offline.* U-blox. 16.01.2007.

[http://www.u-blox.com/technology/assistnow/assistnow\\_offline.html](http://www.u-blox.com/technology/assistnow/assistnow_offline.html).

[VAN DIGGELEN et al. 2001a] **Van Diggelen, F.; Abraham, Ch.:** *Indoor GPS Technology*, Global Locate, Inc., 2001.

[VAN DIGGELEN 2001b] **Van Diggelen, F.:** *Global Locate Indoor GPS Chipset & Services*, Presented at ION-GPS, Salt Lake City, USA, 2001.

[WANG 1996] **Wang, G.:** *Technik und Anwendung von DGPS*. Der Verlag für Elektronik. Beijing, 1996.

[WELLS 1986] **Wells, D. (ed.):** *Guide to GPS Positioning*. Fredericton N.B., Canada.

[WEILL et al. 2004] **Weill, L.; Kishimoto N.; Hirata S.; Chin K.:** *The next generation of a super sensitive GPS system*. Proceedings of GNSS 2004 (Session A5, Long Beach, CA, 21-24 September), the Institute of Navigation, Fairfax, VA.

[WIESER et al. 2006] **Wieser, A.; Hartinger, H.:** *High Sensitivity GPS: Technologie und Anwendungen*. 66. DVW-Seminar GPS und Galileo-Methoden, Lösungen und neueste Entwicklungen, Darmstadt, Schriftreihe DVW, Band 49, Wißner Verlag.

[WIKIPEDIA<sup>1</sup>] Donau. <http://de.wikipedia.org/wiki/Donau>.

[WIKIPEDIA<sup>2</sup>] Elbe. <http://de.wikipedia.org/wiki/Elbe>.

[WIKIPEDIA<sup>3</sup>] Oderhochwasser1997.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Oderhochwasser\\_1997](http://de.wikipedia.org/wiki/Oderhochwasser_1997).

[WIKIPEDIA<sup>4</sup>] Elbehochwasser 2002.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Elbehochwasser\\_2002](http://de.wikipedia.org/wiki/Elbehochwasser_2002).

[WIKIPEDIA<sup>5</sup>] Alpenhochwasser2005.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Alpenhochwasser\\_2005](http://de.wikipedia.org/wiki/Alpenhochwasser_2005).

[WIKIPEDIA<sup>6</sup>] Hurrikan Katrina. [http://de.wikipedia.org/wiki/Hurrikan\\_Katrina](http://de.wikipedia.org/wiki/Hurrikan_Katrina).

[WIKIPEDIA<sup>7</sup>] Seebeben im indischen Ozean 2004.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Seebeben\\_im\\_Indischen\\_Ozean\\_2004](http://de.wikipedia.org/wiki/Seebeben_im_Indischen_Ozean_2004).

[WIKIPEDIA<sup>8</sup>] OpenMobileAlliance.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Open\\_Mobile\\_Alliance](http://de.wikipedia.org/wiki/Open_Mobile_Alliance).

[WINTER 2005] **Winter, M.:** *A-GPS soll Navigations- und Ortungsdienste erleichtern*, Teltarif.de, 18. März 2005.  
<http://www.teltarif.de/arch/2005/kw16/s16847.html>.

[WOO 2006] **Woo, St.:** *eRide embarks on Galileo ship with new Munich Development Centre*. eRide Press Release. 14.02.2006, San Francisco.



[WUNDERLICH 1992] **Wunderlich, Th.:** *Die geometrischen Grundlagen der GPS-Einzelpunktbestimmung*. XI. Internationaler Kurs für Ingenieurvermessung, 21.-26. September 1992, Zürich, ETH- Zentrum.

[WUNDERLICH 1993] **Wunderlich, Th.:** *Die gefährlichen Örter der Pseudostreckenortung*. Wissenschaftliche Arbeiten. Hannover 1993.

[WUNDERLICH 2001] **Wunderlich, Th.:** *Ortsbezogene Information – jederzeit und überall*. Zeitschrift für Vermessungswesen, 126. Jg., Heft 3.

[WUNDERLICH 2003] **Wunderlich, Th.:** *Geolokalisation - eine Position kennt ihre Umgebung*. In Tagungsband zur XII. Int. Geodätischen Wochen, Obergurgl, 2003.

[WUNDERLICH 2004] **Wunderlich, Th.:** *Mobilfunkgestützte Positionierung mit GPS*, Wiss. Arb. d. Fachricht. Verm.wes. Nr. 250, Universität Hannover, pp. 205-210.

[WUNDERLICH 2004b] **Wunderlich, Th.:** *Positionsbestimmung für Location Based Services*. Intergeo DVW Session LBS. 10.2004, Stuttgart.

[WUNDERLICH 2006] **Wunderlich, Th.; Preis, S.; Su, Ch.:** *Wireless Assisted GPS- technische Möglichkeit und notwendige Infrastruktur*. 66. DVW-Seminar GPS und Galileo-Methoden, Lösungen und neueste Entwicklungen, Darmstadt, 2006, Schriftreihe DVW, Band 49, Wißner Verlag.

[Xu et al. 2007]: Xu, H.; Chen, F.: Indien wird am Aufbau von GLONASS teilnehmen. 23.01.2007. Peking.  
<http://www.costind.gov.cn/n435777/n435943/n435945/n435988/90539.html>

[XU 1989] **Xu, Q.:** *Navigation und präzise Positionierung von GPS*. Der Verlag für Marine. Beijing, 1989.

[YAN et al. 2005 ] **Yan, B.F.; Zhang, Zh. J.; Zhang, F.:** *Geolokalisationstechniken beim CDMA*. ZTE Telekommunikationstechnik, Vol.200, No. 20, Oktober, 2005.

[YAN et al. 2005b] **Yan, Y.; Zhang, H.:** *Analyse von Vorkehrungsmaßnahmen gegen Eisstoß beim Unterlauf des Gelben Flusses*.02.12.2005. [www.hwcc.com.cn](http://www.hwcc.com.cn).

[YASKO 2006] **Yasko, Ch.:** Assisted Global Positioning System (AGPS) for 3G Cellular Platforms (AM107), Freescale Technology forum Orlando, 2006.

[YU 2003] **Yu, Sh.:** Wie funktioniert die Navigation beim chinesischen CNSS? Xinhuanet, 28.05.2003, Peking. [http://news.xinhuanet.com/st/2003-05/28/content\\_889816.htm](http://news.xinhuanet.com/st/2003-05/28/content_889816.htm).

[ZHANG 2005] **Zhang, H.:** GSM-UMTS-Techniken für Positionierungen aus der Sicht von Investition und Anwendung. C114.NET. 15.04.2005.  
[http://www.c114.net/technic/ZZHtm1\\_20054/T2005415930369462-1.shtml](http://www.c114.net/technic/ZZHtm1_20054/T2005415930369462-1.shtml).

[ZHANG 1996] **Zhang, Sh.:** *Theorie und Anwendung von GPS*. Verlag der Universität für nationale Verteidigung. Beijing, 1996.

[ZHEJIANG MOBILE] **Zhejiang Mobile**: *Zusammenfassung der Entwicklung der Location Services von Zhejiang Mobile*. Entwicklungsforum von Motorola Chinas für mobile Positionierung. China, 2005.

[ZHOU et al. 1997] **Zhou, Zh; Yi, J; Zhou, Q.**: *Prinzipien und Anwendungen von GPS*. Verlag für Vermessung, Beijing, 1997.

Internet:

[INTERNET 01]: <http://www.it-administrator.de/lexikon/cell-id-verfahren.html>.

[INTERNET 02]:

[http://www.c114.net/technic/ZZHtm1\\_20054/T2005415930369462-1.shtml](http://www.c114.net/technic/ZZHtm1_20054/T2005415930369462-1.shtml).

[INTERNET 03]: <http://www.raddcomm.com/E-911%20Location%20Methods.htm>.

[INTERNET 04]: [http://www.ctiforum.com/forum/2005/01/forum05\\_0121.htm](http://www.ctiforum.com/forum/2005/01/forum05_0121.htm).

[INTERNET 05]: <http://blog.621000.net/article.asp?id=362>.

[INTERNET 06]: <http://www.mc21st.com/techfield/design/art/2004/d0528-36.htm>.

[INTERNET 07]: <http://www.gps-practice-and-fun.com/a-gps.html>.

[INTERNET 08]: [http://cn.on165.com/umax1/umax\\_dwzx\\_unidw.asp](http://cn.on165.com/umax1/umax_dwzx_unidw.asp).

[INTERNET 09]: <http://www.webopedia.com/TERM/E/E911.html>.

[INTERNET 10] :

<http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/archiv/05/09/VT06.HTM#130a>

[INTERNET 11]:

<http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/archiv/05/09/VT08.HTM#122>

[INTERNET 12]:

<http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/archiv/05/04/VT27.HTM#162>

[INTERNET 13]:

<http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/archiv/05/08/VT26.HTM#130b>

[INTERNET 14]: <http://changjiang.whlib.ac.cn/hscj/changjiang.htm>

[INTERNET 15]: <http://changjiang.whlib.ac.cn/hscj/changjiang.htm>

[INTERNET 16]: <http://changjiang.whlib.ac.cn/changjiang.htm>

[INTERNET 17]: [www.yingshan.gov.cn](http://www.yingshan.gov.cn)

[INTERNET 18]: <http://www.gz.xinhuanet.com>

[INTERNET 19]: [www.yingshan.gov.cn](http://www.yingshan.gov.cn)

[INTERNET 20]: [www.people.com.cn](http://www.people.com.cn)

[INTERNET 21]: [www.yingshan.gov.cn](http://www.yingshan.gov.cn)

[INTERNET 22]: [www.xinhuanet.com](http://www.xinhuanet.com)

[INTERNET 23]: [www.people.com.cn](http://www.people.com.cn)

[INTERNET 24]: <http://www.gz.xinhuanet.com>

[INTERNET 25]: <http://news.xinhuanet.com>

[INTERNET 26]: <http://www.zswater.gov.cn>

[INTERNET 27]: <http://jczs.news.sina.com.cn/2006-11-02/0939409114.html>

[INTERNET 28]: [http://www.sdnews.com.cn/news/caijing/2007-1/24\\_443232.html](http://www.sdnews.com.cn/news/caijing/2007-1/24_443232.html)

[INTERNET 29]: <http://www.51gps.com/news/newapp/200608/1820.html>

[INTERNET 30]: <http://www.cnfm.gov.cn/info/display.asp?sortid=85&id=15796>

[INTERNET 31]: <http://www.3gcn.org/content/view/2487/2/>

[INTERNET 32]: <http://www.hwit.net/2007/01/12/76701143.html>

[INTERNET 33]: <http://www.klimaforschung.net/stuerme/index.htm>.

[INTERNET 34]:

<http://www.alertnet.org/thenews/fromthefield/diakonie/112316255354.htm>.

[INTERNET 35]: <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,401624,00.html>.

[INTERNET 36]: [http://satellite.cma.gov.cn/eos/pro\\_eos.html](http://satellite.cma.gov.cn/eos/pro_eos.html).

- [INTERNET 37]: [http://www.microsonic.de/deutsch/content\\_wissenswertes/content\\_ultraschallprinzip\\_1.htm](http://www.microsonic.de/deutsch/content_wissenswertes/content_ultraschallprinzip_1.htm)
- [INTERNET 38]: [http://www.ott-hydrometry.de/web/ott\\_de.nsf/id/pa\\_home\\_d.html](http://www.ott-hydrometry.de/web/ott_de.nsf/id/pa_home_d.html).
- [INTERNET 39]: [http://www.heatec.de/html/uber\\_uns.html](http://www.heatec.de/html/uber_uns.html)
- [INTERNET 40]: <http://www.solarlink.de/windgenSuperwind.htm>
- [INTERNET 41]: <http://www.pro-umwelt.de/windgenerator-airx-marine-p-284.html>
- [INTERNET 42]: <http://www.pro-umwelt.de/solaranlage-basic-p-344.html>
- [INTERNET 43]: [http://www.52rd.com/S\\_TXT/2005\\_6/TXT623.htm](http://www.52rd.com/S_TXT/2005_6/TXT623.htm)
- [INTERNET 44]: <http://www.wx800.com/msg/2003/02/26/d5537.php>
- [INTERNET 45]: <http://it.sohu.com/32/27/article213732732.shtml>
- [INTERNET 46]: <http://zh.wikipedia.org/wiki/BREW>
- [INTERNET 47]: [http://www.52rd.com/S\\_TXT/2005\\_6/TXT868.htm](http://www.52rd.com/S_TXT/2005_6/TXT868.htm)
- [INTERNET 48]: <http://www.nmgrf.gov.cn/fzjz/zhal/zhal14.htm>.
- [INTERNET 49]: <http://www.elektro-helke.de/index.php?oid=62>.
- [INTERNET 50]: <http://www.inside-handy.de/news/8593.html>.
- [INTERNET 51]: <http://www.blueskypositioning.com/about.htm>.
- [INTERNET 52]: <http://www.inside-handy.de/news/8552.html>.
- [INTERNET 53]: [http://news.xinhuanet.com/society/2007-06/10/content\\_6222555.htm](http://news.xinhuanet.com/society/2007-06/10/content_6222555.htm)
- [INTERNET 54]: [http://news.xinhuanet.com/society/2007-05/26/content\\_6155430.htm](http://news.xinhuanet.com/society/2007-05/26/content_6155430.htm)
- [INTERNET 55]: [http://www.welt.de/wirtschaft/article934111/Wirtschaft\\_profitiert\\_von\\_Klima-Beschluss\\_der\\_G\\_8.html](http://www.welt.de/wirtschaft/article934111/Wirtschaft_profitiert_von_Klima-Beschluss_der_G_8.html)
- [INTERNET 56]: <http://www.nzz.ch/2007/06/09/al/articleF92S2.html>.
- [INTERNET 57]: [http://news.xinhuanet.com/mil/2007-05/25/content\\_6151693.htm](http://news.xinhuanet.com/mil/2007-05/25/content_6151693.htm)
- [INTERNET 58]: [http://www.trimble.com/srv\\_new\\_era\\_glonass.shtml](http://www.trimble.com/srv_new_era_glonass.shtml)
- [INTERNET 59]: [http://www.leica-geosystems.com/corporate/en/ndef/lgs\\_62033.htm](http://www.leica-geosystems.com/corporate/en/ndef/lgs_62033.htm)
- [INTERNET 60]: <http://surfbrett.at/geografie/donau/geo.hist/chronikframe1.html>
- [INTERNET 61]: <http://www.maperture.net/control-plane-vs-user-plane/>
- [INTERNET 62]: <http://gauss.ffii.org/PatentView/EP1105745>

## Abbildungsverzeichnis

Abb.2-001: GPS-Signalstruktur.....	10
Abb.2-002: GPS-C/A Code .....	11
Abb.2-003: GPS D-Code.....	12
Abb.2-004: Struktur und Inhalte der GPS-Navigationsdaten .....	12
Abb.2-005: Korrelation im GPS-Empfänger .....	13
Abb.2-006: Suchraum für GPS-Signalakquisition.....	14
Abb.2-007: Signalverarbeitungsprozess im GPS-Empfänger.....	14
Abb.2-008: Code- Phase Propagation.....	15
Abb.2-009: Darstellung der Fehler von Code-Messungen .....	18
Abb.2-010 Prinzip von DGPS .....	22
Abb.2-011-01: Modernisierte GPS-Signale.....	23
Abb.2-011-02: Genauigkeiten von GPS nach der Modernisierung .....	23
Abb.2-012: GPS- Kontrollstationen nach der Modernisierung .....	24
Abb.2-013: Satellit und Konstellation von Galileo .....	25
Abb.2-014: GALILEO-Services.....	26
Abb.2-015: GALILEO-Dienste .....	26
Abb.2-016: Galileo-Signale.....	27
Abb.2-017: Verdopplung der sichtbaren Satelliten und deren Genauigkeiten .....	28
Abb.2-018: Sichtbarkeit von GPS und Galileo Satelliten in dichter Bebauung .....	28
Abb.2-019: Start des vierten CNSS-Satelliten.....	32
Abb.2-020: Prinzip der „Zwei-Satelliten-Positionierung“.....	33
Abb.2-021: Konstruktion von Beidou-Anwendungen.....	33
Abb.2-022: Arbeitsschema des Beidou-Satellitensystems .....	34
Abb.2-023: Frequenzen von GPS, Galileo und Compass.....	37
Abb.3-001: Prinzip für die Methode E-OTD.....	39
Abb.3-002: Prinzip von Cell-ID .....	39
Abb.3-003: Prinzip für TDOA.....	40
Abb.3-004: Prinzip für AOA.....	40
Abb.4-001: Konzept der A-GPS-Technik .....	44
Abb.4-002: Mögliche Ausbreitungswege von GPS-Signalen ins Gebäude.....	45
Abb.4-003: A-GPS-Receiver-Konzept.....	46
Abb.4-004: A-GPS Hardware-Chiplösung.....	47
Abb.4-005: DSP- basierte A-GPS- Lösung.....	47
Abb.4-006: DSP-basiertes GPS Prozessierungssystem.....	48
Abb.4-007-01: Konventioneller Suchraum für Frequenz/Verweildauer .....	49
Abb.4-007-02: Suchraum für Frequenz/Verweildauer durch Einführung der Assistenzdaten .....	49
Abb.4-008: Signal-Rausch-Verhältnis nach kohärenter Signalintegration.....	50
Abb.4-009: Verbesserungen der Sensitivität und der TTFF durch verschiedene Stufen von Assistenzleistung.....	52
Abb.4-010: Auswirkungen auf TTFF für drei verschiedene Time Stamps .....	52
Abb.4-011: Ablaufschema der Assistance Data für MS-Based Mode.....	54
Abb.4-012: Ablaufschema der Assistance Data für MS-Assisted Mode.....	55
Abb.4-013: Genauigkeiten von A-GPS mit und ohne Assistenzdaten .....	56
Abb.4-014: LTO Subnet-work, Generation und Distribution.....	57
Abb.4-015: TTFF mit LTO im Vergleich zum Autonomen Mode.....	58
Abb.4-016: Struktur der User Plane .....	58
Abb.4-017: die Genauigkeiten für Geolokalisationsmethoden.....	59
Abb.4-018: Für A-GNSS einschlägige Satelliten Systeme.....	59
Abb.4-019: Konzept und Struktur von A-GNSS .....	59
Abb.4-020: Struktur von WGIS.....	60
Abb.4-021: Prinzip von W-GPS .....	61
Abb.4-022: Prinzip von Aided-GPS .....	62
Abb.5-001: gpsOne Chipset Architektur .....	66

Abb.5-002: Prinzip von gpsOnextra Assistance .....	67
Abb.5-003: Verlauf von TV-GPS.....	68
Abb.5-004: Baseband von Rosum HPM .....	69
Abb.5-005: SX1 mit A-GPS.....	71
Abb.5-006: SXG75 mit A-GPS.....	71
Abb.5-007: Nokia 6110 mit A-GPS .....	72
Abb.5-008: Block Diagramm vom Hammerhead.....	72
Abb.5-009: A920 in Wien.....	73
Abb.5-010: 3Geo mit Karte.....	73
Abb.5-011: AssistNow™ Framework.....	74
Abb.5-012: Struktur von AssistNow™ Online .....	74
Abb.5-013: AlmanachPlus von u-blox .....	74
Abb.6-001: Kontrolle von Taxis durch A-GPS-Technik.....	76
Abb.6-002: Landschaftsansichten am Xi-See.....	77
Abb.6-003: Anwendung von gpsOne im Tourismus am Xi-See Chinas .....	77
Abb.6-004: Aufzeichnungsgerät mit A-GPS-Empfänger.....	78
Abb.6-005: Kontrollzentrum .....	78
Abb.6-006: Xuanyi GPS-Navigator mit SirF III .....	78
Abb.6-007: Lage des Changjiang's Einzugsgebiet in China .....	81
Abb.6-008: Drei-Schluchten-Stau und Xiling-Tal.....	81
Abb.6-009: Agrarland und Häuser vom Hochwasser eingeschlossen .....	82
Abb.6-010: Eindringen von Hochwasser in die Städte.....	82
Abb.6-011: viele vom Hochwasser eingeschlossene Menschen.....	82
Abb.6-012: Einsatz aller Kräfte zum Wiederaufbau des gebrochenen Damms in der Großstadt Jiu-Jiang .....	82
Abb.6-013: Rettung von im Hochwasser eingeschlossenen Menschen.....	83
Abb.6-014: Abwässer in Deutschland sowie in Österreich .....	83
Abb.6-015: Das Flusssystem der Donau mit den zugehörigen Anliegerstaaten .....	84
Abb.6-016: Schlottwitz, an der Straße nach Cunnersdorf am 13.08.2002.....	85
Abb.6-017: Dresden im August 2002.....	85
Abb.6-018: Historische Brücke in Písek / Tschechien überflutet im August 2002 .....	85
Abb.6-019: Überflutung in Putim / Tschechien 2002.....	85
Abb.6-020: Überflutung von Kappl-Nederle in Öserreich .....	86
Abb.6-021: Überflutung von Pfunds-Stubnerbach in Österreich.....	86
Abb.6-022: Hochwasser in München 2005: Bloß nicht in die falsche Richtung laufen!.....	86
Abb.6-023: Das Lachenstadion beim Hochwasser vom 25.08. 2005 in Thun / Schweiz .....	86
Abb.6-024: Betroffene Küsten beim Seebeben im Indischen Ozean in 2004.....	87
Abb.6-025: Verwüstete Küstenabschnitte beim Seebeben im Indischen Ozean 2004 .....	87
Abb.6-026: Komplett unter Wasser stehendes Wohngebiet von New Orleans .....	88
Abb.6-027: Flucht vor dem Hurrikan Katrina in New Orleans .....	88
Abb.6-028: Warten auf Nothilfe bei der Überschwemmung von New Orleans in den USA .....	88
Abb.6-029: Die Böden waren nach wochenlangem Dauerregen komplett aufgeweicht .....	89
Abb.6-030: Rettungsarbeit beim Schlammstrom auf den Philippinen .....	89
Abb.6-031: Chinesisches Flussnetz .....	89
Abb.6-032: Eisstoß in Österreich .....	90
Abb.6-033: Profil des Gelben-Flusses.....	90
Abb.6-034: Abschnitte des Gelben-Flusses.....	90
Abb.6-035: Drei Beispiele von Eisstoß in China.....	91
Abb.6-036: Geodäten auf Hubkanzel zur Aufnahme der Eisblöcke und der Wasserhöhe des Flusses ..	92
Abb.6-037: Vermessung mit Schiff.....	92
Abb.6-038: Messung vor Ort.....	92
Abb.6-039: Zerstörung eines Eisdamms durch Sprengung .....	92
Abb.6-040: Bombardement des Flusseises vom Flugzeug aus.....	92
Abb.6-041: Manuelle Eiszerstörung und Zerstörungskräfte von Eis.....	92
Abb.6-042: Eisüberwachung mit Satellitenbildern.....	92
Abb.7-001: Prinzip des Aufbaus eines A-GNSS-Servers mit OMA SUPL Standards.....	94
Abb.7-002-01: GIS-basierte, dreidimensionale Darstellung des südlichen Ortteils von Peissenberg ....	95
Abb.7-002-02: Prinzip des Aufbaus eines A-GNSS-Servers mit verteilter GIS-Technik .....	95
Abb.7-003: Prinzip des Aufbaus eines Rettungszentrums mit OMA SCPL Standards .....	96
Abb.7-004: Idee zur Hochwassertiefenmessung .....	99

Abb.7-005: Prinzip der Rettung von durch Hochwasser eingeschlossenen Menschen .....	100
Abb.7-006: Arbeitsschema zur Rettungsaktion mit A-GNSS, Beidou und öffentlichen Mobilfunk- und Internetnetzen.....	102
Abb.7-007: Prinzip der Ultraschalldistanzmessung.....	103
Abb.7-008: OTT SLD Datenerfassungsgerät .....	104
Abb.7-009: OTT ITC Datenübertragungsgerät .....	105
Abb.7-010: MicroStation für Gewässermessungen .....	105
Abb.7-011: CompactStation für Wassermessungen .....	105
Abb.7-012: Wasserdynamo von HeaTech.....	106
Abb.7-013: Superwind Generator.....	106
Abb.7-014: Windgenerator Air-X Marine .....	106
Abb.7-015: Kleiner Windgenerator .....	106
Abb.7-016: Phaesun Solar Batterien .....	106
Abb.7-017: Kombination mit Solaranlage und Solarbatterie .....	107
Abb.7-018: Handdynamo für Handy .....	107
Abb.7-019: Überwachungsstation mit Ultraschallsensor .....	107
Abb.7-020: Überwachungsstation mit GPS-Empfänger.....	108
Abb.7-021: Mobilfunkgestütztes GNSS-Überwachungsnetz zum Hochwasser- und Eisstoßschutz....	109
Abb.7-022: Eiszustandsuntersuchung mit mobilfunkgestütztem A-GNSS .....	110
Abb.7-023: Überwachung des Eisstoßes .....	111
Abb.8-001: Überblick über HDK .....	112
Abb.8-002: HDK sowie seine Schnittstelle .....	113
Abb.8-003: Eingabe der Parameter für Verbindung zwischen A-GPS-Server und HDK .....	114
Abb.8-004: Window von „Connect“ .....	114
Abb.8-005: Eingabefenster zur Verknüpfung von „the Sample Application“ .....	115
Abb.8-006: Ergebnisse des Tests im Autonomous Mode auf dem Dach .....	115
Abb.8-007: Ergebnisse des Tests im Innenhof .....	116
Abb.8-008: Ergebnisse des Tests auf dem gemauerten Dachdurchgang .....	116
Abb.8-009: Ergebnisse des Tests auf vierstöckigem Treppenabsatz am Fenster .....	116
Abb.8-010: Ergebnisse des Tests am Fenster eines Steinbetongebäudes mit Autonomous .....	117
Abb.8-011: Ergebnisse des Testes am Fenster eines Steinbetongebäudes im MS-Based Mode .....	117
Abb.9-001: Konzept des NavigationStar von Unicom China.....	121
Abb.9-002: Vorgehensweise des NavigationStar von Unicom China anhand Handy KZ860 mit gpsOne-Technik .....	121
Abb.9-003: Konzept für MS-Assisted gpsOne-StaronMap von Unicom China .....	122
Abb.9-004: Funktion von StaronMap: Position suchen.....	123
Abb.9-005: Nachrichten senden und empfangen.....	123
Abb.9-006: Spur aufzeigen.....	124
Abb.9-007: Karten bearbeiten .....	124
Abb.9-008: Interessenspunkte markieren .....	124
Abb.9-009: Login-Fenster von StaronMap.....	125
Abb.9-010: Vorgehensweise von StaronMap mit Handy KZ860 in China .....	125
Abb.9-011: Zerstörung eines Gebäudes beim Regenfall in Jinan 2002.....	126
Abb.9-012: Nur mit dem Fahrrad konnteman beim Hochwasser noch weiter fahren .....	126
Abb.9-013: Autos müssen geschoben werden.....	126
Abb.9-014: U-MAP Funktionen im Handy KZ860.....	127
Abb.9-015: Test in einem sechsstöckigen Wohnhaus .....	129
Abb.9-016: Test im vierstöckigen Supermarkt Carrefour .....	130
Abb.9-017: Test im fahrenden Bus.....	130
Abb.9-018: Genauigkeiten und TTFF im Innenraum .....	131
Abb.9-019: Messung in einer Gasse.....	131
Abb.9-020: A-GPS-Messung im Wald.....	131
Abb.9-021: A-GPS-Messung auf der Bergspitze .....	132
Abb.9-022: Genauigkeiten im Outdoor .....	132
Abb.9-023: TTFF im Außenraum .....	132
Abb.9-024: Tests im Überschwemmungsgebiet.....	133
Abb.9-025: Tests in der Stadtmitte.....	133
Abb.9-026: Positionsgenauigkeiten in der Stadtmitte .....	134
Abb.9-027: Sehenswürdigkeiten im Südgebiet .....	134
Abb.9-028: Tests in Gebirgsgegend .....	135

Abb.9-029: Genauigkeiten aller Punkte .....	135
Abb.9-030: Simulationsaktion zur Rettung einer eingeschlossenen Person (1) .....	136
Abb.9-031: Simulationsaktion zur Rettung einer eingeschlossenen Person (2) .....	137
Abb.9-032: Simulationstest zur Überwachung mit A-GPS-Handy und Kamera.....	138
Abb.9-033: Datenschutzmenü im Handy KZ860 .....	139

## Tabellenverzeichnis

Tab.2-001: Fehler der Code-Messung .....	18
Tab.2-002: Präzise IGS GPS-Bahnen und Uhrendaten .....	19
Tab.2-003: Zeitplan zur GPS-Modernisierung .....	23
Tab.2-004: Aufbauverlauf des russischen GLONASS .....	30
Tab.2-005: Vergleich zwischen Beidou und GPS .....	35
Tab.2-006: Endgeräte für Beidou-System .....	36
Tab.3-001: Geolokalisationsmethoden und ihre Genauigkeiten.....	38
Tab.3-002: Standards für Geolokalisationstechnik.....	41
Tab.4-001: GPS-Signaldämpfung für einige übliche Bauwerke .....	45
Tab.4-002: Genauigkeiten von A-GPS und HS-GPS .....	57
Tab.5-001: Firmen mit A-GPS-Produkten am Markt (A Assisted, HS High Sensitivity).....	63
Tab.5-002: Qualcomm Chipsets mit Unterstützung von gpsOne .....	67
Tab.5-003: Minimales $C/N_0$ für Tracking und Akquisition.....	69
Tab.5-004: Standardabweichungen der Navigationslösungen.....	69
Tab.6-001: Überblick über die Hochwasserkatastrophen vom Yangste Chinas .....	82
Tab.6-002: Überblick über die Katastrophen von Chinas Gelbem Fluss .....	91



## Abkürzungen

3G: third generation  
A-GPS: assisted global positioning system  
A-FLT: Advanced Forward Link Trilateration  
AGNSS: Assisted Global Navigation Satellite System  
AOA: Angle of Arrival  
AS: Anti- spoofing  
ASI: Alpines Sicherheits- Informationszentrum  
Bps: bit per second  
BSC: Base Station Controller  
BTS: Bais Transceiver Station  
CDMA: Code Division Multiple Access  
CNSS: China Navigation Satellite System  
CS: Commercial Service  
dBm: Decibels with respect to one Miliwatt  
dBW: Decibels with respect to one Watt  
DDN: Digital Data Network  
DOP: Department of Defense  
DOPs: Dilution of Precisions  
DSP: Digital Signal Processing  
EGNOS: European Geostationary Navigation Overlay Service  
ESA: European Space Agency  
E-OTD: Enhanced Observed Time Difference  
EOS: Earth Observing Satellites  
FBAR- Filter: film bulk acoustic resonators Filter  
FCC: federal communications commission  
GDOP: Geometric Dilution of Precision  
GNSS: Global Navigation Satellite System  
GPS: global positioning system  
GPST: GPS Time  
GPRS: General Packet Radio Service  
GSM: **G**lobal **S**ystem for **M**obile communications  
HOW: Hand Over Word  
HSDPA: High-Speed Downlink Packet Access  
IGS: International GNSS Services  
IMT-2000: International Mobile Telecommunications-2000  
ITRS: International Terrestrial Reference System  
ITU: International Telecommunications Union  
LAAS: Local Area Augmentation System  
LAN: Local Area Network  
LBS: location based Services

LMU: Location Measurement Unit  
MLC: Mobile Location Center  
MSC: Mobile Switching Center  
NASA: national aeronautics and Space Administration:  
NASA JPL: National Aeronautics and Space Administration Jet Propulsion  
NIMA: the National Imagery and Mapping Agency  
NMEA: National Marine Electronics Association  
OCXO: Oven Controlled Quartz Oscillator  
OMA: Open Mobile Alliance  
OS: Open Service  
OTD: Observed Time Difference  
OTDOA: Observed Time Difference of Arrival  
PDA: Personal Digital Assistant  
PDOP: Position of Dilution of Precision  
PRN: Pseudo Random Noise  
PRS: Public Regulated Service  
PSAP: public safety answering point  
PSTN: Public Switched Telephone Network  
QZSS: Quasi-Zenith Satellite System  
RTMM: Rosum TV Measurement Module  
SA: selective availability  
SAW Filter: Surface Acoustic Wave Filters  
SBAS: Satellite Based Augmentation System  
SMLC: Serving Mobile Location Center  
SoL: Safety-of-Life  
SP3: Standard Product 3  
SUPL: Secure User Plane Location  
SCPL: Secure Control Plane Location  
TCXO: Temperature Controlled Crystal Oscillator  
TDOA: Time Difference of Arrival  
TDOP: Position of Dilution of Precision  
TLM: Telemetry Word  
TOA: Time of Arrival  
TTFF: Time To First Fix  
UART: Universal Asynchronous Receiver and Transmitter  
UDP: User Datagram Protocol  
USB: Universal Serial Bus  
UMTS: Universal Mobile Telecommunications System  
UTC: Coordinate Universal Time  
VLR: Visited Location Register  
WAAS: Wide Area Augmentation System  
W-LAN: Wireless Local Area Network  
WLANAP: Wireless Local Area Network Access Point

## **Die Veröffentlichungen und Vorträge während der Dissertation**

[01] Ch. Su, Liu. Y, Th. Wunderlich: Research of Possibility for Mobile Radio Indoor-GPS. Geomatics & Spatial Information Technology, 2/2006 Vol. 29 No. 2 P.11-15. Haerbin, China

[02] Ch. Su, W. Barth, Th. Wunderlich, Y. Liu: Die mobilfunkgestützte Satellitenpositionierungstechnik A-GPS -Wireless Assisted GPS. Geomatik Schweiz 4/2006, pp224-248.

[03] Ch. Su; Y. Liu: Application Potential of Galileo for Land and Resources Chinas. Land & Resources, Vol. 55, 2/2006, P46-48. Institute of printing house Liaoning Province, 2006.

[04] Th. Wunderlich; S. Preis; Ch. Su: Wireless Assisted GPS-technische Möglichkeit und notwendige Infrastruktur. 66. DVW-Seminar GPS und Galileo-Methoden, Lösungen und neueste Entwicklungen, Darmstadt, 2006, Schriftreihe DVW, Band 49, Wißner Verlag.

[05] Ch. Su; Th. Wunderlich: Mobilfunkgestütztes Galileo zur Frühwarnung vor Eisstoßbedrohungen an chinesischen Flüssen. Galileo Technik & Anwendung Informationsworkshop, 10.02.2006, München.

[06] Th. Wunderlich; S. Preis; Ch. Su: Wireless Assisted GPS-technische Möglichkeit und notwendige Infrastruktur. 66. DVW-Seminar GPS und Galileo-Methoden, Lösungen und neueste Entwicklungen, 21. und 22. Februar 2006, Technische Universität Darmstadt.

## Dankworte

Am Ende meiner Dissertation möchte ich mich herzlich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Wunderlich und Herrn Dr.-Ing. Wolf Barth bedanken. Ohne ihre verständnisvolle und wohlwollende Hilfe hätte ich es nicht schaffen können. Strenger Arbeitsstil, sorgfältiger und exakter Forschungsgeist bzw. wissenschaftliche Einstellung zur Arbeit von Herrn Prof. Wunderlich bedeutet für mich ein geistiges Vorbild und einen Ansporn zum weiteren Fortschritt.

Mein Dank gilt auch den anderen Kollegen des Lehrstuhls für Geodäsie und Kollegen aus der Fakultät für die freundliche Bereitschaft und notwendige Unterstützung.

Außerdem möchte ich auch Herrn Wilke, Frau Stelzl sowie anderen Kollegen aus dem China-Referat des Instituts für Internationale Begegnungen und Zusammenarbeit der Hanns-Seidel-Stiftung in München meinen herzlichen Dank für die finanzielle Unterstützung meiner Dissertation zum Ausdruck bringen.

Ich bin auch dankbar, dass mir das Amt für Land und Ressource der Provinz Shandong erlaubte, dass ich mein Studium an der TUM erfolgreich abzuschließen.

Für die freundliche Überlassung eines Hammerhead Development Kits bin ich der Firma Infineon gerne zu Dank verpflichtet.

Meine Familie, insbesondere meine Frau Yimei Liu, hat mir selbstlos geholfen und stets mit Rat und Tat beigestanden. Dafür möchte ich aufs Herzlichste danken.

Die Geburt von meiner kleinen liebenswürdigen und hübschen Tochter, Wenny Su, gab mir einen grenzlosen Geist für meine Dissertation. Schönen Dank will ich Ihr sagen.

Darüber hinaus danke ich allen meinen Freunden, die mir bei meiner Doktorarbeit geholfen haben.

# Anhang

## Anhang 1: Tabelle von Technologien und Firmen für A-GPS auf dem Weltmarkt

Technologie	Firma	Leistungsfähigkeit						Vielseitigkeit	Mobil telephonen	Mobilfunkstandards	Netzbetreiber	GPS-Trackingnetze
		dB		TTFF		Energie	Genauigkeit (m)					
		Tracking (dBm)	Akquisition (dBm)	Cold (S)	Hot (S)							
SiRF StartIII GPS Chip Set Solution	SiRF	-159	-155	<35	<15	75 mW	Autonomous <10 Assisted <5	Standalone Autonomous MS-Based MS-Assisted		GSM WCDMA Cdma2000 CDMA TDMA PDC		
SuperSense™ GPS Module für Weak Signal Tracking ATR GPS Empfänger-Chipsatz	u-blox	-158	-148	<34	<3.5	150mW	<2.5					
Hammerhead™ Single Chip A-GPS Solution	Infineon Global Locate	-160			<1	Advanced low power 0.13 micron RFCMOS technology	<2	MS-Based MS-Assisted Autonomous Enhanced Autonomous		UTMS/G M:3 PPTS25.331 &TS44.031 CDMA:3GPP 2C.0022-0-1	WWRN (Worldwide Reference Network)	
QUALCOMM's <a href="#">gpsOne®</a> position-location technology	Qualcomm	-154 bis -160			2-10		5-15	Hybrid MS Assisted MS Based Standalone	Kyocera KZ830/KZ850/KZ860/ KZ870(China), Motorola A860, Samsung SCH-V730, LG SB120, Casio A5512CA, Alltel CDMA9500 usw.	CDMAIS-95, 1X, 1XEVD0, UMTS/GSM/GPRS/EDGE/HSDPA	China: UniCom Japan: KDDI Südkorea: SK Telecom, LG Telecom, USA: Sprint, <a href="#">TCS</a> , usw. Canada: Bell, usw.	
The QinetiQ Q20 High Sensitivity GPS Receiver Module	Qineti	-159	-155	<45	<1	30mW bis 435mW	<50					
SnapTrack's Wireless Assisted GPS™ (A-GPS) solution Client Technology Server Technology	SnapTrack							Standalone MS-Based MS-Assisted hybrid		CDMA WCDMA/GS M/GPRS	Qualcom, <a href="#">SECOM</a> , Alcatel, <a href="#">ITOCHU TECHNO-SCIENCE Corporation(C TC*)</a> , <a href="#">Motorola</a> , <a href="#">NEC</a> , <a href="#">HP</a> , <a href="#">Denso</a>	
SiRFloc™ Server MultiMode Aided-GPS Software für Mobile Location Centers	SiRF							Standalone Autonomous S-Based MS-Assisted hybrid		GSM/GPRS WCDMA Cdma2000 CDMA NTT DoCoMo ASPs	Motorola, NTT DoCoMo, SignalSoft, CellPoint, FalCom, airBIQUITY, WHEREIFY.	
Global Locate's A-GPS Server solutions	Global Locate							Standalone MS-Based MS-Assisted		UMTS/GSM		
Kompaktes AGPS/GPS- Modul für Mobilgerät	Fujitsu Media Devices(FMD) Fujitsu Microelectronics Europe(FME)	-150				180mW		Autonomous MS-Assisted MS- Based			eRide	
eRide's GPS/AGPS	eRide	-155	-155	30-40	3-7		20 Indoor 7 Outdoor	Autonomous MS- Based MS-Assisted				
activepilot	Jentro Technologies GmbH								Nokia6230, Siemens S65, Siemens SX1			
Siemens SXG75 A-GPS Handy	Siemens									GSM/UMTS		
VZ Navigator	Verizon Sprint								Motorola V325	CDMA	Sprint	

UMTS- Handy Motorola E1000	Motorola									UMTS		
3Geo	Hutchion 3G Austria								Motorola A920	UMTS	3G	
NavSync Assisted GPS Receivers	NavSync	-155	-155	45	<5		<20	Autonomous( Indoor GPS AN001) Network Assisted (AN02 Network Assistance)			NavSync CW25 Network	
A-GPS Lösung von Siemens	Siemens								SiemensSX1	3GPPLocation- Services - Standards	T- Mobile Czech republic	
<a href="#">TI's Assisted GPS Solutions with Navilink 4.0 single-chip Solution: GPS5300</a>	Texas Instruments									GSM, GPRS, EDGE, CDMA, UMTS, WCDMA		
<a href="#">3GPP Standard GSM Assisted GPS Solution</a>	Bouygues Telecom									GSM	Bouygues Telecom mobile communications network	
<a href="#">Alcatel 8607 A-GPS (Assisted Global Positioning System) Positioning Server for GSM Networks</a>	Alcatel						<30			GSM	Alcatel	
<a href="#">Atmel advanced GPS Chipset Antaris™</a>	Atmel	-158	-150	34	<4	<40	<2.5	Autonomous MS- Based MS- Assisted				
<a href="#">HS110 Hisense GPS Receiver</a>	CellGuide Ltd.	-152	-150	50	2-6	5	70	Autonomous Assisted - GPS				
<a href="#">TCS's hosted Xypoint(R) Location Services (XLS)</a>	TeleCommunication Systems (TCS)									GSM CDMA	TCS	
<a href="#">CyTech Global Locate Solution</a>	<a href="#">CyTech</a> Global Locate	-160			<1	Advanced low power 0.13 micron RF CMOS technology	<2	MS-Based MS-Assisted Autonomous Enhanced Autonomous		UTMS/GSM: 3 PPTS25.331 & TS44.031 CDMA:3GPP 2C.0022-0-1		WWRN (Worldwide Reference Network)
<a href="#">A-GPS Mobile Devices</a>	Global Locate, Enfora.L.P.								TicTalk™ Tween Phone			Global Locate World Wide Reference Network(WWRN)
<a href="#">Siemens A-GPS Solution</a>	Siemens								CCI, HP	OMA Secure User Plane Location(SUPL)		
<a href="#">Qualcomm and TCS AGPS Solution</a>	Qualcom, TCS(TeleCommunication Systems)	-154 bis -160			2-10		5-15	MS Assisted MS Based		UMTS/GSM/GPRS, OMA SUPL	TCS	

Bemerkung: Es gibt derzeit noch keine Phasennutzung in der A-GPS-Technik.

#### A-GPS und HS GPS:

A-GPS mit Assistenzdaten ist zusammen mit einem HS GPS-Chip in Funktion, um die Position im MS-Based oder MS-Assisted Modus ermitteln zu können.

HS GPS funktioniert nur mit einem hoch empfindlichen GPS-Chip im autonomen Modus.

In China gibt es schon eine Nutzergruppe der A-GPS-Technik. So hat mit CDMA beim Netzbetreiber Unicom China der A-GPS-Service „StaronMap“ für Notfälle beim maritimen Verwaltungsinformationssystem in den Provinzen Shandong und Guangdong Anwendung gefunden.

Anwendungen von A-GPS im Bereich der Geodäsie sind an den Universitäten in China, Deutschland oder in den USA noch nicht entwickelt worden.

**Anhang 2. NMEA 0183 Daten**

\$GPGSV,2,1,06,12,80,311,44,05,64,277,44,09,59,134,46,04,22,081,39\*77  
\$GPGSV,2,2,06,14,,,34,30,,,43\*79  
\$GPGGA,175212.55,4808.976524,N,01134.579913,E,1,06,1.1,580.0,M,-  
0.407002,M,0.00807,\*60  
\$GPGSV,2,1,06,12,80,311,44,05,64,277,43,09,59,134,45,04,22,081,40\*7D  
\$GPGSV,2,2,06,14,,,33,30,,,44\*79  
\$GPGGA,175214.41,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.409001,M,0.00807,\*6E  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,37,14,,,33,30,,,44\*7A  
\$GPGGA,175215.75,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.410000,M,0.00807,\*61  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,40,09,59,134,43,04,22,081,37\*7C  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,36,14,,,33,30,,,44\*7B  
\$GPGGA,175217.37,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.412000,M,0.00807,\*67  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,40,09,59,134,42,04,22,081,38\*72  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,36,14,,,33,30,,,44\*7B  
\$GPGGA,175219.18,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.412000,M,0.00807,\*64  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,37,14,,,33,30,,,44\*7A  
\$GPGGA,175220.67,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.411000,M,0.00807,\*65  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,42,04,22,081,38\*73  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,36,14,,,33,30,,,44\*7B  
\$GPGGA,175221.92,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.410000,M,0.00807,\*6F  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,42,04,22,081,37\*7C  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,36,14,,,33,30,,,44\*7B  
\$GPGGA,175223.38,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.408000,M,0.00807,\*64  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,35,14,,,33,30,,,44\*78  
\$GPGGA,175224.83,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.406000,M,0.00807,\*6D  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,36,14,,,33,30,,,44\*7B  
\$GPGGA,175226.28,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.405000,M,0.00807,\*6D  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,37,14,,,33,30,,,44\*7A  
\$GPGGA,175227.61,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.404000,M,0.00807,\*60  
\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
\$GPGSV,2,2,07,06,,,36,14,,,33,30,,,44\*7B  
\$GPGGA,175229.31,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
0.403000,M,0.00807,\*6C

\$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
 \$GPGSV,2,2,07,06,,,36,14,,,33,30,,,44\*7B  
 \$GPGGA,175230.58,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
 0.403000,M,0.00807,\*6B  
 \$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
 \$GPGSV,2,2,07,06,,,37,14,,,31,30,,,45\*79  
 \$GPGGA,175232.47,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
 0.402000,M,0.00807,\*66

**GGA: Global Positioning System Fix Data**, der Datensatz enthält die wichtigsten Informationen zur GPS-Position und Genauigkeit.

\$GPGGA,175232.47,4808.976524,N,01134.579913,E,1,07,1.0,580.0,M,-  
 0.402000,M,0.00807,\*66  
 GP: Sendekennung: GP für GPS-Empfänger  
 GGA: Satzerkennung  
 175232.4: Uhrzeit  
 4808.976524, N: Breitengrad  
 01134.579913,E: Längengrad  
 1: Qualität(0 ungültig; 1 GPS; 2 DGPS; 6 geschätzt nur NMEA-0183 2.3)  
 07: Anzahl der erfassten Satelliten  
 1.0: HDOP  
 580.0 M: Höhe über Meer  
 0.402000,M: Höhe Ellipsoid(WGS84)  
 \*66: Prüfsummer

GPGSV: Satellites in View  
 \$GPGSV,2,1,07,12,80,311,41,05,64,277,41,09,59,134,43,04,22,081,37\*7D  
 GSV: Satzerkennung  
 2: Anzahl der Datensätze(hier 2, ein Satz enthält nur 4 Satelliten)  
 1: Datensatznummer  
 07: Anzahl der sichtbaren Satelliten  
 12: Sat-Nr.  
 80: Elevation(Grad)  
 311: Azimut(Grad)  
 41: SNR  
 05: Sat-Nr.  
 \*7D: Prüfsumme.  
 \$GPGSV,2,2,07,06,,,37,14,,,31,30,,,45\*79  
 2: Anzahl der Datensätze  
 2: Datensatznummer 2



### Anhang 3: Datengrundlage der Statistik der Tests mit dem Handy KZ860 in China

				定位详单统计 Statistik für Positionierung			
				16.01.2007 11:00	25.02.2007 11:59		
终端名称 Name des Terminals Su Chengling	手机号 Die Tel. Nr.	定位时间 Positionierungszeit punkt	纬度 Breite	经度 Länge	速度 (千米/小时) Geschwindigkeit (Km/S)	方向 Richtung (Grad)	精度 Genauig keiten
苏成岭	13335196373	18.01.2007 11:47	N36.669418	E117.041001	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	19.01.2007 10:46	N36.669294	E117.041703	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 10:49	N36.669503	E117.042573	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 10:52	N36.667991	E117.043393	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 11:02	N36.667529	E117.049273	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 11:12	N36.665319	E117.049138	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 11:33	N36.665791	E117.047481	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 11:42	N36.666183	E117.046810	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 11:52	N36.668720	E117.050721	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	19.01.2007 12:00	N36.666633	E117.048334	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	19.01.2007 12:02	N36.669117	E117.049021	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 12:08	N36.668645	E117.046349	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 12:12	N36.669273	E117.043361	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 12:21	N36.670233	E117.038887	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 12:22	N36.669772	E117.038512	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 13:04	N36.667991	E117.042240	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	19.01.2007 14:33	N36.668956	E117.037895	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	C
苏成岭	13335196373	19.01.2007 16:02	N36.667470	E117.043624	90	正南 Süden	A
苏成岭	13335196373	19.01.2007 16:10	N36.668924	E117.042835	360	南偏西 45.0度 Südwest 45	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 09:44	N36.699394	E117.022290	630	南偏东 45.0度 Südwest 45	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 09:58	N36.702881	E117.039053	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	20.01.2007 09:59	N36.705295	E117.040486	0	正北 Norden	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 10:09	N36.693917	E117.039188	0	北偏东 -1.0度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	20.01.2007 10:44	N36.702345	E117.024902	0	北偏西 68.0度 Nordwest68	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 10:45	N36.702076	E117.024645	90	南偏东 23.0度 Südost23	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 10:49	N36.702527	E117.024940	450	北偏西 23.0度 Nordwest23	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 10:57	N36.702264	E117.019779	540	南偏西 67.0度 Südwest67	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 11:04	N36.702527	E117.015590	540	正西 Westen	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 11:17	N36.702945	E117.005418	360	正西 Westen	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 11:28	N36.704404	E116.996900	450	北偏西 23.0度 Nordwest23	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 11:42	N36.706722	E116.988563	360	北偏西 23.0度 Nordwest23	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 12:06	N36.723276	E116.989899	270	南偏西 22.0度 Südwest22	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 12:17	N36.724210	E116.992753	180	北偏东 22.0度 Nordost22	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 12:28	N36.724215	E116.995757	270	南偏东 45.0度 Südost45	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 12:35	N36.725095	E116.995248	360	北偏西 68.0度 Nordwest68	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 12:38	N36.725245	E116.993472	0	南偏西 67.0度 Südwest67	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 12:41	N36.724601	E116.993424	0	正东 Norden	A

苏成岭	13335196373	20.01.2007 12:45	N36.724821	E116.991219	180	北偏东 22.0 度 Nordost22	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 12:50	N36.724703	E116.988928	90	南偏东 68.0 度 Südost68	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 13:06	N36.724575	E116.987367	180	南偏西 67.0 度 Südwest67	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 13:16	N36.723979	E116.985377	90	正北 Norden	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 13:26	N36.723293	E116.983086	720	南偏西 22.0 度 Südwest22	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 13:38	N36.724553	E116.978301	90	北偏西 23.0 度 Nordwest23	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:12	N36.718373	E116.988274	180	正南 Süden	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:25	N36.692908	E116.988258	4,77	正南 Süden	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:29	N36.684905	E116.987909	270	北偏东 67.0 度 Nordost67	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:36	N36.670448	E116.990741	180	正西 Westen	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:43	N36.661977	E117.001653	2,61	北偏东 22.0 度 Nordost22	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:48	N36.662015	E117.011588	180	南偏东 68.0 度 Südosten68	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:56	N36.662723	E117.027043	720	正北 Norden	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:58	N36.665781	E117.027938	1,53	北偏东 67.0 度 Nordost67	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 14:59	N36.665781	E117.035652	90	北偏西 23.0 度 Nordwest23	A
苏成岭	13335196373	20.01.2007 17:45	N36.614550	E116.994180	0	正北 Norden	B
苏成岭	13335196373	21.01.2007 16:19	N36.693434	E117.037787	0	北偏东 -1.0 度 Nordosten-1	B
苏成岭	13335196373	21.01.2007 16:22	N36.702505	E117.040743	1,62	南偏西 67.0 度 Südwest67	A
苏成岭	13335196373	21.01.2007 16:23	N36.702935	E117.040443	270	北偏西 68.0 度 Nordwest68	A
苏成岭	13335196373	21.01.2007 16:25	N36.701701	E117.040352	0	正北 Westen	B
苏成岭	13335196373	21.01.2007 16:30	N36.702473	E117.040282	360	南偏东 68.0 度 Südosten68	A
苏成岭	13335196373	21.01.2007 17:24	N36.665866	E117.037975	0	正北 Norden	B
苏成岭	13335196373	21.01.2007 17:28	N36.666553	E117.038292	0	北偏东 -1.0 度 Nordosten-1	B
苏成岭	13335196373	21.01.2007 17:32	N36.665748	E117.040089	0	北偏东 -1.0 度 Nordosten-1	B
苏成岭	13335196373	21.01.2007 17:34	N36.669257	E117.036704	90	正北 Norden	A
苏成岭	13335196373	21.01.2007 17:35	N36.669063	E117.036870	360	南偏东 68.0 度 Südosten68	A
苏成岭	13335196373	21.01.2007 17:42	N36.665834	E117.037852	0	正北 Norden	B
苏成岭	13335196373	22.01.2007 13:50	N36.670501	E117.042379	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 14:00	N36.674380	E117.059964	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	22.01.2007 14:11	N36.679476	E117.067898	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 14:20	N36.682807	E117.069314	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	22.01.2007 14:30	N36.680651	E117.067083	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 14:40	N36.684808	E117.065532	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 14:51	N36.682094	E117.052046	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 15:01	N36.677218	E117.028646	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 15:10	N36.682228	E117.009613	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 15:21	N36.681536	E117.010772	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	22.01.2007 15:31	N36.683950	E117.009903	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 15:41	N36.684931	E117.012296	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	22.01.2007 15:51	N36.685092	E117.009812	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 16:01	N36.684647	E117.011335	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	22.01.2007 16:11	N36.684363	E117.013717	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 16:21	N36.685114	E117.020578	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	22.01.2007 16:31	N36.675833	E117.037262	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	22.01.2007 16:41	N36.668913	E117.042723	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	26.01.2007 05:22	N36.641088	E117.038453	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 05:34	N36.638937	E117.037771	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 05:50	N36.638111	E117.035615	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A

苏成岭	13335196373	26.01.2007 06:28	N36.637462	E117.028721	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 06:44	N36.637494	E117.027869	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 07:18	N36.636663	E117.029789	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 07:33	N36.637118	E117.031795	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 07:51	N36.639650	E117.032198	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 08:40	N36.640176	E117.029682	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 08:55	N36.644575	E117.027289	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	26.01.2007 08:58	N36.645026	E117.027193	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	30.01.2007 11:47	N36.670818	E117.032037	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	30.01.2007 11:51	N36.665904	E117.036291	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	31.01.2007 21:26	N36.672213	E116.983816	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	31.01.2007 22:26	N36.768611	E116.776310	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	31.01.2007 23:26	N37.195635	E116.418036	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 00:26	N37.628366	E116.379627	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	01.02.2007 01:26	N38.235200	E116.834095	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	01.02.2007 02:26	N38.878228	E116.916643	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	C
苏成岭	13335196373	01.02.2007 03:26	N39.250389	E117.138692	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	01.02.2007 04:26	N39.708945	E116.336046	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 05:26	N39.775475	E116.306907	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	01.02.2007 06:37	N39.892467	E116.314820	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	B
苏成岭	13335196373	01.02.2007 07:26	N39.935651	E116.349404	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 07:49	N39.940441	E116.444435	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 09:40	N39.940479	E116.444327	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 10:27	N39.939776	E116.432182	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 11:20	N39.886652	E116.406090	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 11:21	N39.886561	E116.406170	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 11:54	N39.886658	E116.406170	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A
苏成岭	13335196373	01.02.2007 14:14	N39.878091	E116.406733	0	北偏东 -1.0 度 Nordost -1	A

# Lebenslauf

## 1. PERSÖNLICHEN DATEN

Name:	Su
Vorname:	Chengling
Geburtsdatum:	20.08.1970
Geburtsort:	Provinz Shandong
Geschlecht:	Herr
Staatsangehörigkeit:	VR China
Familienstand:	Verheiratet
Kindzahl:	1

## 2. SCHULBILDUNG

Datum	Art der Schule	Name und Ort der Schule
09.1979-07.1985	Grundschule	Jinxiang der Provinz Shandong Chinas
09.1985-07.1991	Mittelschule(gleich: Gymnasium, Abschluss Abitur)	Jinxiang der Provinz Shandong Chinas

## 3. STUDIEN

Datum	Art des Studiums	Studienfach	Schwerpunkt	Name und Ort der Universität
09.1991-07.1995	Bachelor	Geodäsie	Geodäsie, GPS, Photogrammetrie	TU Wuhan für Vermessung und Kartographie China
10.2001-11.2003	Diplom	Geodäsie und Geoinformation	Astronomische und Physische Geodäsie, Ingenieurvermessung, GIS	TU München
04.2004- 10.2007	Doktor	Geodäsie und Geoinformation	A-GPS und Galileo	TU München

## 4. BERUFLICHE TÄTIGKEITEN

Datum	Beruf	Einheit/Institut und Ort der Tätigkeit
07.1995-08.1999	Assistenzingenieur	Amt für Qualitätskontrolle von Vermessung und Kartographie, Hauptstadt Jinan der Provinz Shandong
08.1999-02.2000	Gastwissenschaftler	Bayerische Landesvermessungsamt, München
02.2000-09.2000	Ingenieur und Beamter	Abteilung für Technik des Amtes für Vermessung und Kartographie, Hauptstadt Jinan der Provinz Shandong
09.2000-10.2001	Ingenieur und Beamter	Abteilung für Technik und auswärtige Angelegenheiten des Amtes für Land und Ressourcen der Provinz Shandong, Hauptstadt Jinan der Provinz Shandong
05.2004-11.2004	Wissenschaftliche Mitarbeiter	Universität für Bundeswehr München
04.2004-	Mitarbeiter/Doktorand	TU München