

Praktikumsbericht
Andreas Pillekeit 25950 M97

Thema
Positionsermittlung von Mobilstationen

Inhalt

1 Thema	3
1.1 Einführung	3
1.2 Das GSM Netz.	4
1.2.1 Bestandteile	4
1.2.2 Geographische Einteilung	6
1.2.3 Identifikation	6
1.2.4 Luftverbindung.....	8
1.2.5 Kontrolle der Sendeleistung	10
1.2.6 Handover	11
1.3 Bestimmung der Position einer MS über das GSM Netz.	11
1.3.1 Koordinatensysteme zur Positionsangabe	11
1.3.1.1 Geographisches Koordinatensystem	11
1.3.1.2 UTM Koordinatensystem	12
1.3.1.3 Gauß Krüger Koordinatensystem	13
1.3.1.4 WGS84 Koordinatensystem	13
1.3.2 Varianten	14
1.3.2.1 Selbst Initiiert (für Pull Services)	14
1.3.2.2 Fernabgefragt (für Push Services)	14
1.3.3 Verfahren.....	14
1.3.3.1 Bestimmung über CGI.....	14
1.3.3.2 Time Difference of Arrival (TDOA)	14
1.3.3.3 Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)	15
1.3.4 Berechnung mit Hilfe des CGI Verfahrens	15
1.3.4.1 Bestimmung des Abstandes.....	15
1.3.4.2 Mögliche Berechnung der Position	16
2 Aufgabe	18
2.1 Versuchsaufbau	18
2.2 Programm.....	19
2.2.1 Oberfläche	19
2.2.2 AT Befehle	20
2.2.2.1 Erläuterung	20
2.2.2.2 Verwendete AT Befehle:.....	20
2.2.3 PDU decodieren	21
2.2.4 NMEA Standard	21
2.2.5 Ausgabe des Programmes	23
2.3 Visualisierung der Daten.....	24
2.3.1 Schnittstelle des Steuerelementes:.....	24
2.3.2 Umwandlung Grad in Pixel.....	26
3 Quellen	28

1 Thema

1.1 Einführung

Die Mannesmann Pilotentwicklungsgesellschaft mbH (mpe) ist eine der Forschungs und Entwicklungsabteilungen des ehemaligen Mannesmann Konzerns. Ihre Aufgabe besteht im Erkennen, Bewerten und Beurteilen neuer Technologien. Der Nutzen für den Konzern wird durch Pilotentwicklungen geprüft.

Ein Themengebiet sind die Technologien für die mobile Kommunikation. Im Bereich der mobilen Kommunikation sind die Location Based Services ein wichtiges Thema. Sie ermöglichen es den Nutzern der Mobilfunknetze Ortsbezogene Informationen zu erhalten. Beispiele hierfür sind Wegbeschreibungen, Informationen zum momentanen Aufenthaltsort (Hotel Restaurants, Tankstellen usw.), Verkehrsinformationen, die Position von Freunden bzw. Kindern relativ zur Eigenen oder auch ortsbezogene Werbung. Bisherige Entwicklungen zur mobilen Positionsdatenerfassung mit ausreichender Genauigkeit erforderten hohe Investitionen in die bestehende Infrastruktur (TDOA (s. Abs. 1.3.3.2), EOTD (s. Abs. 1.3.3.3)) oder neue mobile Endgeräte (WA-GPS (Wireless Assited Global Positioning System)). Eine Positionsbestimmung über GPS hat zusätzlich den Nachteil, daß mindestens 3 Satelliten direkt (Sichtlinie) erreichbar sein müssen. Dies führt in Städten, Gebäuden und Tunnel zu Problemen. Die mpe arbeitet an Verfahren, um die Genauigkeit der bereits technologiebedingt vorhandenen Ortsinformationen des GSM Netzes (Global System for Mobile Communication) mit weiteren standardmäßig erzeugten Betriebsdaten zu verbessern. Dadurch wäre es möglich ohne große Änderung an der bestehenden Infrastruktur Location Based Services anzubieten.

Im Rahmen meines Praktikums habe ich mich mit der Funktionsweise des GSM Netzes und der Erfassung der GSM Betriebsdaten sowie der Visualisierung der gewonnenen Daten befasst.

1.2 Das GSM Netz.

1.2.1 Bestandteile

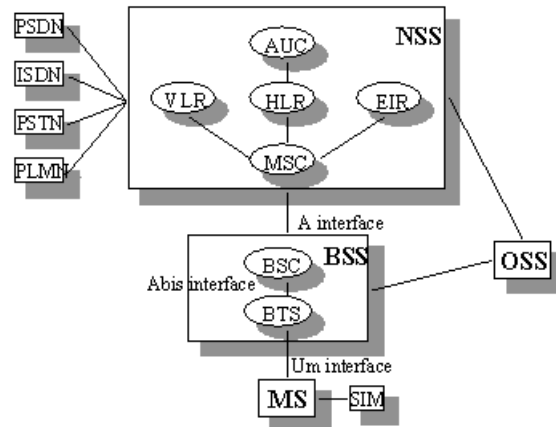


Abb.1 Architektur des GSM Netzwerks (Quelle 2)

Mobile Station (MS)

Ist das Mobile Endgerät (Handy und fest installierte (im Fahrzeug) oder portable Terminal)

Subscriber Identity Module (SIM)

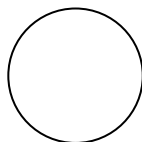
Im SIM sind Nutzerdaten gespeichert, z.B. die International Mobile Subscriber Identity (IMSI). Um das GSM-Netz nutzen zu können, muß jede MS ein SIM besitzen. Notrufe können auch ohne SIM abgesetzt werden.

Base Station Subsystem (BSS)

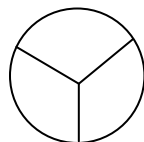
Verbindet die MS mit dem NSS (Aufgabenbereich: call setup, location update, handover)
Besteht aus zwei Teilen:

The Base Transceiver Station (BTS)

Ist die Sende-/Empfangsstation, die mit ihrer Sendestärke die Größe der Funkzelle bestimmt.
Max: 35 km. Es existieren BTS die einfache und sektorierte Funkzellen erzeugen. Wobei jeder Sektor eine eigene CI besitzt



einfach



sektoriert

Base Station Controller (BSC)

Der BSC kontrolliert bis zu 200 BTS (Aufgabenbereich: handover, frequency hopping, Sendeleistungskontrolle)

Network and Switching Subsystem

Regelt die Kommunikation zwischen den Nutzern des Mobilfunknetzes untereinander und zu anderen Netzen (ISDN, andere Mobilfunknetze)

Besteht aus folgenden Teilen:

The Mobile Services Switching Center (MSC)

Ermöglicht die Verbindung zu anderen Netzen. Es verwaltet zusätzlich die Service Area und ist für die vermittlungstechnischen Vorgänge zuständig, wie z.B. Call Setup, Aufenthaltsregistrierungen und Handover.

Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC)

Ermöglicht die Verbindung aus anderen Netzen zum GSM Netz

Home Location Register (HLR)

Zentrale Datenbank, die Informationen über den Nutzer, seinen Aufenthaltsort und dessen gebuchte Dienste speichert.

Visitor Location Register (VLR)

Datenbank, die diejenigen Informationen aus dem HLR speichert, die wichtig sind um den Mobilfunknutzern die Netzdienste zur Verfügung zu stellen, die sie gebucht haben. Wenn sich ein Nutzer in den Bereich eines MSC einbucht, werden diese Daten aus seinem HLR gelesen und im VLR des MSC gespeichert.

Authentication Center (AuC)

Ermöglicht die Identifizierung des Nutzers, um eine sichere Verschlüsselung zu gewährleisten.

Equipment Identity Register (EIR)

Ist eine Datenbank die Informationen über die mobilen Endgeräte enthält. Jedes Endgerät wird eindeutig über seine International Mobile Equipment Identity (IMEI) Nummer identifiziert. Somit kann gestohlenen (Black List) oder fehlerhaften (Grey List) MS der Zugang zum Netz verweigert werden.

GSM Interworking Unit (GIWU)

Ermöglicht den Aufbau von Datenverbindungen zu anderen Netzen. Anpassung der Übertragungsraten und gegebenenfalls Emulation von Fax oder Modem Standards.

The Operation and Support Subsystem (OSS)

Das OSS ist mit dem NSS und dem BSS verbunden. Es ermöglicht das GSM Netz zu beobachten und zu kontrollieren, um z.B. Daten für die Netzplanung zu gewinnen.

1.2.2 Geographische Einteilung

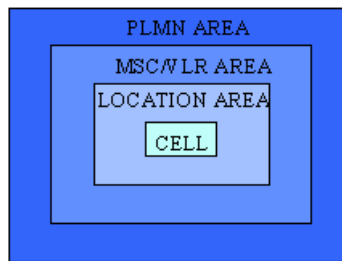


Abb. 2 Gebiete im GSM Netz (Quelle 2)

Cell:

Bereich einer BTS. Größe variiert zwischen einigen hundert Metern und 35 km. Jeder Zelle ist ein Cell Identifier (CI) zugeordnet

Location Area (LA)

Bereich über mehrere BTS. Jeder Location Area ist ein Location Area Code (LAC oder auch LAI) zugeordnet. Wenn die MS innerhalb der Location Area die Zelle wechselt, so findet kein Location Update statt, was den Datenverkehr vom/zum HLR/VLR reduziert.

MSC Area

Setzt sich aus den verschiedenen Location Areas zusammen, die von einem MSC kontrolliert werden. Da pro MSC nur ein VLR existiert, auch VLR Area.

Public Land Mobile Network (PLMN) Area

Bezeichnet das Gebiet das insgesamt von einem Netzbetreiber eines Landes abgedeckt wird.

1.2.3 Identifikation

International Mobile Subscriber Identity (IMSI)

eine maximal 15stellige Zahl, die den Dienstinutzer eindeutig identifiziert. Sie setzt sich wie folgt zusammen:

IMSI:	Position in Byte
Mobile Country Code (MCC)	1 - 3
Mobile Network Code (MNC)	4 - 5
Mobile Subscriber Identification Number (MSIN)	6 - 15

International Mobile Equipment Identity (IMEI)

eine eindeutige Hardwareerkennung der MS, also eine Art Seriennummer. Sie ist wie folgt zusammengesetzt:

IMEI:	Position in Byte
Type Approval Code (TAC)	1 - 6
Final Assembly Code (FAC)	7 - 8
Serial Number (SN)	9 - 14
Reserved	15

Mobile Subscriber ISDN (MSISDN)

Ist die von Endgeräten aus wählbare Nummer (Fest oder Mobil) mit der die Verbindung zu einem GSM-Nutzer Hergestellt werden kann. Im HLR wird die MSISDN Nummer mit der IMSI verknüpft.

MSISDN:	Position in Byte
Country Code (CC)	1 - 3
National Destination Code (NDC)	4 - 6
Subscriber Number (SN)	7 - 21

Mobile Subscriber Roaming Number (MSRN)

Ist eine temporäre Nummer (Aufbau wie MSISDN Nummer) die das VLR, in dessen Bereich sich der GSM-Nutzer befindet, auf Anfrage an das HLR sendet. Sie ermöglicht es, dem MSC eine Verbindung zu dem GSM-Nutzer herzustellen, der über eine MSISDN Nummer angewählt wurde. Ist nur für eine Verbindung gültig. Dient in Verbindung mit der Temporary Subscriber Identity (TMSI) dazu, das erstellen von Teilnehmerbewegungsprofilen zu erschweren.

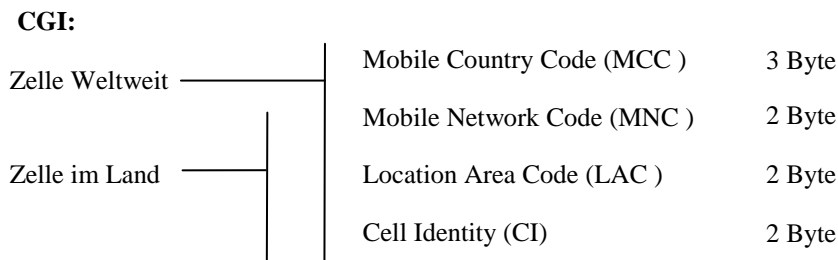
Base Station Identity Code (BSIC)

Ist ein 6 Bit Wert, der ständig über den Synchronization Channel (SCH) übertragen wird. Er ermöglicht es, der MS zwischen den Broadcast Control Kanälen (BCCH) benachbarter BTS zu unterscheiden. Der BSIC benachbarter BTS in Empfangsreichweite muß deshalb unterschiedlich sein.

BSIC:	
Network Colour Code (NCC)	3 Bit
Base Station Colour Code (BCC)	3 Bit

Cell Global Identity (CGI)

Jeder Zelle ist eine Cell Identity (CI) zugeordnet. Global kann eine Zelle über ihre Cell Global Identity eindeutig zugeordnet werden.



Code	Identifiziert eindeutig
CGI	MSC, BSC, BTS
LAC	VLR
MSRN	MSC, VLR, MS
MSISDN / IMSI	HLR, MS
BSIC	--

Tabelle 1: Identifizierung der GSM Komponenten

1.2.4 Luftverbindung

Name	uplink (MHz)	downlink (MHz)
GSM 450	450,4-457,6	460,4-467,6
GSM 480	478,8-486	488,8-496
GSM 850	824-849	869-894
P-GSM 900 (Primary GSM)	890-915	935-960
E-GSM 900 (Extended GSM)	880-915	925-960
R-GSM 900 (Railways GSM)	876-915	921-960
GSM 1800 (DCS 1800)	1710-1785	1805-1880
GSM 1900 (PCS 1900)	1850-1910	1930-1990

Tabelle 2: verschiedene GSM Standards (Quelle: 7)

Die Übertragung der Daten erfolgt über FDMA (Frequency Division Multiple Access) im Frequenzbereich zwischen 890-915 MHz (uplink MS->BTS) und zwischen 935-960 MHz (downlink BTS->MS) GSM 900 Standard bzw. zwischen 1710-1785 MHz (uplink) und 1805-1880 MHz (downlink) im GSM 1800 Standard. Diese 25 MHz (GSM 1800: 75 MHz) pro Richtung sind jeweils in 125 (GSM 1800: 375) Frequenzbereiche á 200 kHz aufgeteilt. Davon werden 124 (GSM 1800: 374) zur Datenübertragung verwandt, ein Frequenzbereich wird jeweils als Sicherheitsabstand verwandt, um Störungen aus angrenzenden nicht GSM-Frequenzbereichen zu vermeiden. Jeder der 124 (GSM 1800: 374) Frequenzbereiche wird zusätzlich mit dem TDMA (Time Division Multiple Access) Verfahren in 8 Zeitschlitzte der Länge 0,577ms unterteilt. Die 8 Zeitschlitzte ergeben einen TDMA-Rahmen. Eine MS verwendet im uplink und downlink denselben Zeitschlitz. Um gleichzeitiges Empfangen und Senden zu vermeiden, werden die TDMA-Rahmen des uplinks mit drei Zeitschlitzten Verzögerung zum TDMA-Rahmen des downlinks gesendet.

Durch unterschiedliche Entfernungen der MS zur BTS entstehen Signallaufzeitunterschiede. Da jeder MS ein Zeitschlitz zugeordnet ist, müssen die Sendezeitpunkte der einzelnen MS synchronisiert werden, um Überlappungen zu vermeiden. Diese Synchronisation geschieht mit Hilfe der Timing Advance (TA) Werte, die von der BTS ermittelt und über den downlink an die MS übertragen werden. Die maximale Rahmenabweichung, die über die TA Werte ausgeglichen werden kann, beträgt 233µs, dies entspricht 35 km Abstand von der BTS.

Der TA Wert ist ein 6 Bit Code und kann somit 64 Zustände codieren, was zu einer Schrittweite von 3,7 μ s führt. Aktualisierung (nur bei aktiver Verbindung) alle 480 ms.

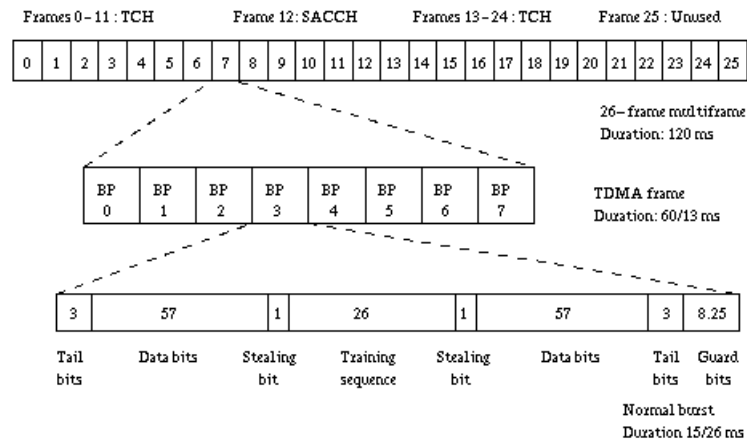


Abb. 3 Struktur eines logischen Kanals, mit den 26 TDMA Rahmen und der Zeitslitze im TDMA Rahmen (Quelle 2)

In jedem Zeitschlitz werden 156.25 bit übertragen. Die Tail bits (Siehe Abb. 3) sind alle auf Null gesetzt. Sie überbrücken die Zeit, die die MS benötigt, um die Sende/Empfangeinheit in Betrieb zu nehmen. Die Data bits codieren die zu übertragende Nutzinformation. Die Stealing bits (Flags) Kennzeichnen die Information als Daten oder Steuerinformation. Die bekannten Trainingsequence bits werden genutzt, um die momentane Empfangssituation zu beurteilen und gegebenenfalls Fehler zu korrigieren die z.B. durch Mehrwegeausbreitung entstanden sind. Die Guard bits stellen einen Sicherheitsabstand zum nächsten Zeitschlitz dar.

Mehrere TDMA Rahmen ergeben einen logischen Kanal (Multiframe). Dieser wird entweder zum Transport von Nutzdaten (Traffic Channel TCH) oder zum Netzwerk Management verwandt (Common Control Channel CCCH, Broadcast Control Channel BCCH, Dedicated Control Channel DCCH u.a.)

- Verkehrskanäle (TCH)
 - Sprachkanäle (13 kBit/s) bei Halbratencodex (6,5kBit/s)
 - Datenkanäle (9,6 kBits)
 - Signalisierungskanäle
 - Broadcast Channels (BCH); für die Grundinformation der Mobile Station
 - Frequency Correction Channel (FCCH); point to multipoint
 - Synchronization Channel (SCH); point to multipoint
 - Broadcast Control Channel (BCCH); point to multipoint
 - Common Control Channels (CCCH); Zur Verbindungsaufnahme
 - Random Access Channel (RACH); point to point
 - Paging Channel (PCH); point to point
 - Access Grant Channel (AGCH); point to point
 - Dedicated Control Channels (DCCH); Verwaltungskanäle
 - Stand Alone Dedicated Control Channel(SDCCH); point to point
 - Slow Associated Control Channel (SACCH); point to point
 - Fast Associated Control Channel (FACCH); point to point
- (Quelle: 13)

Name:	Enthält:	Dauer:
Hyperframe	2048 Superframes	3h 28min 53s 760ms
Superframe	51 26/Multiframe oder 26 51/Multiframe	6s 120ms
26 / 51 Multiframe	26 TDMA-Rahmen(nur TCH) 51 TDMA-Rahmen	120ms / 235,38ms
TDMA-Rahmen	8 Zeitschlitz	4,615ms
Zeitschlitz (Timeslot)		577 µs

Tabelle 3: logische Strukturen (Quelle: 7)

1.2.5 Kontrolle der Sendeleistung

Um Energie zu sparen, sowie um Störungen im Netz und unnötige Belastungen des Menschen zu vermeiden, wird im GSM Netz die Verbindung zwischen der BTS und der MS mit der kleinsten möglichen Sendeleistung aufrecht erhalten, die eine akzeptable Verbindungsqualität gewährleistet. Die Messungen der MS dazu werden normalerweise alle 480 ms über den Slow Associated Control Channel (SACCH) an die BTS übertragen. Falls der SACCH für andere Aufgaben benötigt wird, mindestens einmal pro Sekunde. Die Sendeleistung kann alle 60 ms in 2 dB Schritten angepaßt werden (z.B. im GSM 900 Netz zwischen 13 dBm (20 mW) und 39 dBm (8 W)), (Tabelle 4).

GSM 900

Power control level	0-2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19-31
Output (dBm)	39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5
Toleranz in dB (normal)	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5

GSM 1800

Power control level	29	30	31	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Output (dBm)	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0
Toleranz in dB (normal)	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5

Tabelle 4: Sendeleistungskontrolle (Quelle: 10)

Umrechnung:

$$\text{Leistung}[\text{Watt}] = 10^{\left(\frac{\text{dBm}}{10}\right)} * 0,001$$

Die MS und BTS sind anhand ihrer maximalen Sendeleistung in verschiedene Klassen eingeteilt

Klasse	BTS Sendeleistung (Watt)	MS Sendeleistung (Watt)
1	320	20 (fest montiert, z.B. Auto)
2	160	8 (Transport fähig)
3	80	5 (Transport fähig)
4	40	2 (Handgerät GSM 900)
5	20	0.8 (Handgerät GSM 1800)
6	10	-
7	5	-
8	2.5	-

Tabelle 5: Leistungsklassen der GSM Geräte (Quelle:8)

1.2.6 Handover

Die MS führt ständig eine Liste der Sendeleistung der sieben stärksten BTS in der Umgebung (Network Measurement Report - NMR). Diese Daten werden alle 480ms (bzw. mindestens einmal pro Sekunde) an die BTS über den SACCH übertragen. Der BSC entscheidet anhand des C1 und des C2 Kriteriums (Erklärung Siehe Quelle: 6) ob ein Handover durchgeführt werden muß.

Handover Gründe

- Empfangsfeldstärke sinkt unter den Schwellenwert und die MS und BTS haben ihre maximale Sendeleistung erreicht.
- Bitfehlerhäufigkeit als Maß für die Signalqualität übersteigt Schwellenwert.
- max. Entfernung ist erreicht.

Handover Arten:

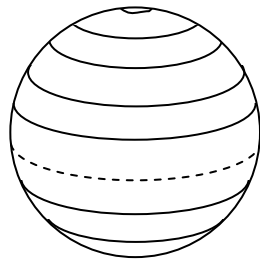
- Intra cell handover: wechseln zu einem anderen Kanal der selben BTS
- Intern inter cell handover: wechseln zu einer anderen BTS des selben BSC
- MSC intern handover: wechseln zu einer BTS eines anderen BSC
- MSC extern handover: wechseln zu einer BTS eines anderen MSC

1.3 Bestimmung der Position einer MS über das GSM Netz.

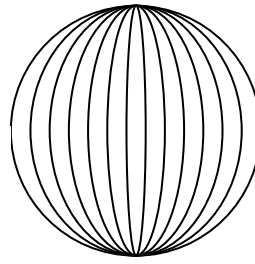
1.3.1 Koordinatensysteme zur Positionsangabe

1.3.1.1 Geographisches Koordinatensystem

Ist ein gedachtes über die Erdkugel gezogenes Liniennetz. Die sich rechtwinklig schneidenden Linien (geographische Koordinaten) bestehen aus Längenkreisen (Meridianen) und Breitenkreisen (Parallelkreisen). Die 360 Längenkreise sind alle gleich lang und laufen durch den geographischen Nordpol und Südpol. Der Nullmeridian ist der Meridian der durch Greenwich verläuft. Andere Längenkreise werden als östlich (E) oder westlich (W) vom Nullmeridian angegeben. Der Abstand der Längenkreise (Längengrad) voneinander beträgt am Äquator 111,31 km und ist im Pol gleich Null. Vom Äquator zählt man nach Norden und Süden je 89 polwärts enger werdende Breitenkreise, der 90. Breitenkreis ist der geographische Pol. Ihr Abstand (Breitengrad) beträgt am Äquator 110,56 km, am Pol infolge der Abplattung der Erde 111,68 km. Besondere Breitenkreise sind die Wendekreise in 23°26'45" nördlicher und südlicher Breite, über denen die Sonne zur Zeit der Sonnenwende im Zenit steht und die die mathematischen Grenzkreise der tropischen Zonen der Erde sind und die Polarkreise in 66°33' nördlicher und südlicher Breite, die die mathematischen Grenzkreise der Polarzonen gegen den gemäßigten Zonen sind.



Breitenkreise



Längenkreise

Positionsangabe: Grad(°),Minuten('),Sekunden('')

Beispiel: 48° 06' 22" 11° 36' 01"

Auflösung (am Äquator):

Erdradius: 6380km

$$m_{sek} = \frac{2\pi r}{360 * 60 * 60} = 30.93m$$

Die Auflösung kann durch Angabe von tausendstel Sekunden verbessert werden.

Beispiel: 48° 06' 22.566" 11° 36' 01.260"

Über das NMEA Protokoll wird die Position in geographischen Koordinaten geliefert.

(anderes Format: Grad(°), Minuten und tausendstel Minuten())

1.3.1.2 UTM Koordinatensystem

Das Universal Transverse Mercator Projection (UTM) System teilt die Erde in 60 gleich große Zonen ein (Breite 6°). Die Numerierung beginnt an der Datumslinie (177° westlicher Länge) ostwärts aufsteigend von 1 bis 60. Die Nord-Süd Ausdehnung der Zonen beträgt 80° Süd bis 84° Nord. Jede der Zonen ist in 20 Teilstücke unterteilt, die mit C bis X (ohne I und O) im Süden beginnend bezeichnet werden. Die Erde ist somit in 1200 gleich große als planar angenommene Teilstücke eingeteilt. Jedes Teilstück wird weiterhin in Quadrate der Seitenlänge 100 km eingeteilt, die mit einer Kombination aus 2 Buchstaben gekennzeichnet sind. Vom südwestlichsten Punkt dieser Quadrate ausgehend erfolgt die Positionsangabe in Metern: Anzahl der Meter in östlicher Richtung und Anzahl der Meter in nördlicher Richtung. Die Auflösung beträgt also ein Meter.

Beispiel: 32VMM0003100004

Teilstück: 32V

100km Quadrat: MM

Meter Richtung Osten: 31

Meter Richtung Norden: 4

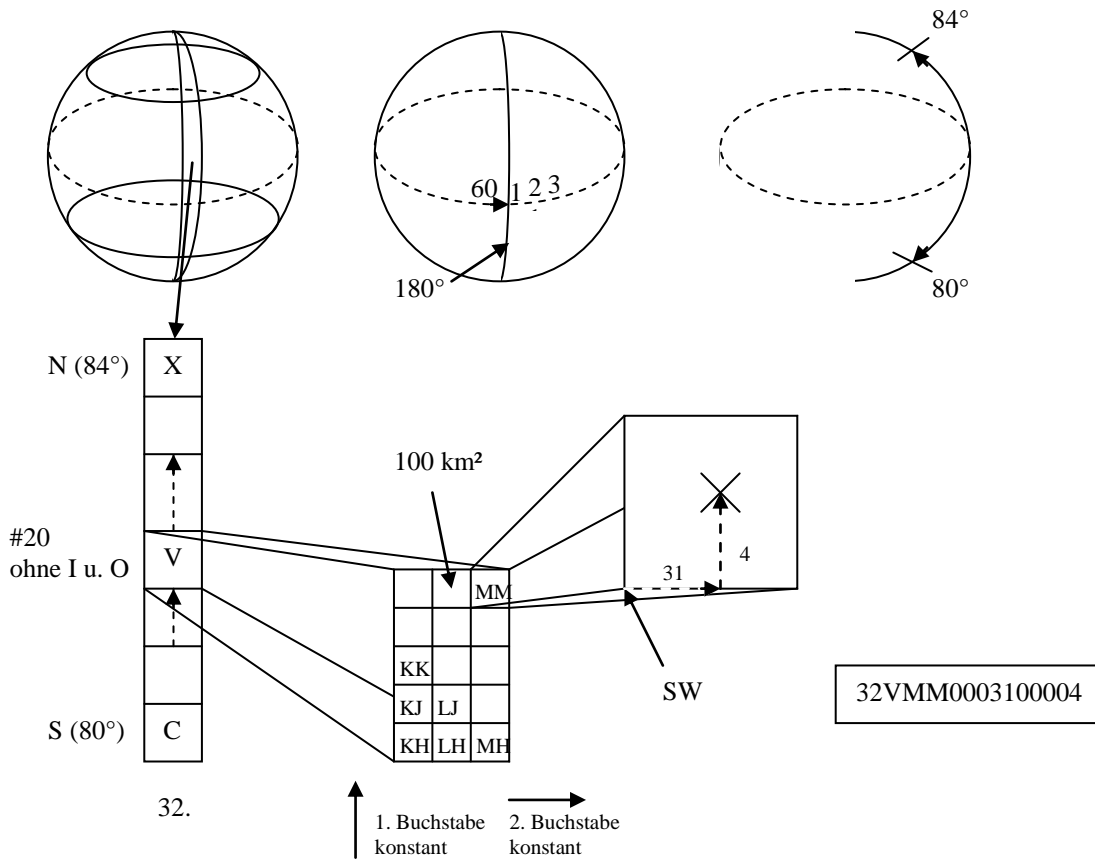


Abb. 4: Beispiel zum UTM Koordinatensystem

1.3.1.3 Gauß Krüger Koordinatensystem

Die Positionsangabe nach Karl Friedrich Gauß und L. Krüger arbeitet ebenfalls nach dem Prinzip der transversalen Mercatorprojektion. Bezugspunkte sind hier die Mittelmeridiane (die Längengrade 0, 3, 6, 9, 12, 15 usw.) und der Äquator. Ein Meridianstreifen hat also eine Breite von 3°. Die einzelnen Meridianstreifen sind mit Null beginnend (Nullmeridian) durchnummeriert. Die Positionsangabe erfolgt über die Angabe eines Rechts- und eines Hochwertes. Orte entlang eines Mittelmeridians erhalten einen Rechtswert von 500 km zugewiesen, Orte auf dem Äquator einen Hochwert von 0 km. Die Auflösung beträgt ein Meter.

Beispiel:

Liegt eine Position 5623 km nördlich des Äquators, wird dies mit dem Hochwert 5623 ausgedrückt.

Wenn sich die Position des Punktes 78 km östlich des 2. Mittelmeridians befindet, wird ein Rechtswert von 2578 ("2": Nr. des Mittelmeridians, "578": 500+78) zugeordnet.

1.3.1.4 WGS84 Koordinatensystem

Das World Geodetic System gibt die Position in Bezug zum Erdzentrum an. Es besteht aus einem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem, dessen Ursprung im Erdzentrum liegt. Die Z-Achse verläuft durch den geographischen Nordpol, die X-Achse verläuft durch den Schnittpunkt des Äquators mit dem Nullmeridian und die Y-Achse ist orthogonal zur X und Z-Achse. Die Position wird als Kombination der drei Werte mit einer Auflösung von einem Meter angegeben.

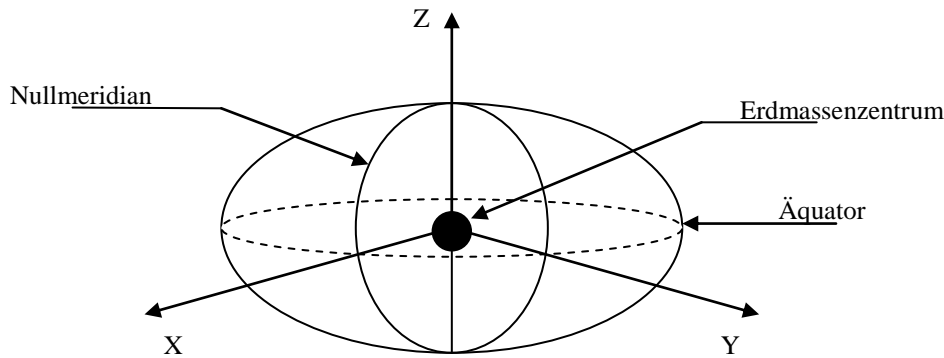


Abb. 5: Das WGS84 Koordinatensystem

1.3.2 Varianten

1.3.2.1 Selbst Initiiert (für Pull Services)

Der Mobilfunkteilnehmer löst die Lokalisierung selbst aus. Die MS mißt verschiedene Netzparameter sendet diese (aktive Verbindung) an eine Zentrale Auswerteeinheit (Mobile Location Center - MLC). Das MLC sendet die errechnete Position an die MS zurück.

Beispiele für Pull Services: Positionsbestimmung bei Notruf, Suche nach Hotel in der Nähe, Wegbeschreibungen.

1.3.2.2 Fernabgefragt (für Push Services)

Die Lokalisierung erfolgt auf Initiative der Netzseite. Eine Instanz fragt im MLC nach der Position mehrerer MS (Gebietsangabe oder Angabe der MSISDN). Entweder wird mit einer SMS an die MS eine Antwort ausgelöst, die die von der MS gemessenen Netzparameter enthält. Oder die Netzparameter werden direkt aus der BTS oder dem BSC ausgelesen (keine aktive Verbindung zur MS, dies spart Kommunikationskosten, geringere Netzlast). Das MLC errechnet aus diesen Informationen die Position.

Beispiele für Push Services: Werbung in bestimmten Gebiet, Verkehrsinformationen, Gefahrenwarnung

1.3.3 Verfahren

1.3.3.1 Bestimmung über CGI

Bestimmung der Position über die aktuell benutzte Funkzelle. Eine Datenbank bildet den CGI auf geographische Informationen ab. Die Genauigkeit hängt von Zellgröße ab (einige hundert Meter bis 35km). Sie kann mit Hilfe der TA Werte verbessert werden. Eine weitere Verbesserung kann durch die Berücksichtigung der Angle Of Arrival (AOA) Werte erfolgen, die aber nicht Standardmäßig zur Verfügung stehen.

1.3.3.2 Time Difference of Arrival (TDOA)

Der Laufzeitunterschied des Uplink Funksignals der MS zu verschiedenen BTS (3 bis 5) wird gemessen. Die Werte werden von einem MLC ausgewertet das die Position der MS über hyperbolische Trilateration bestimmt. Eine einheitliche Zeitbasis der beteiligten BTS ist für die Genauigkeit der Messung entscheidend. Die Genauigkeit beträgt 50 m (Land) bis 150 m (Stadt)

1.3.3.3 Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)

Im Unterschied zu TDOA wird hier der Laufzeitunterschied der Downlinksignale gemessen. Anhand der Bursts der beteiligten BTS (3 bis 5) wird in der MS die OTD gemessen. Da die BTS nicht synchronisiert werden, muß die Relative Time Difference (RTD) im Netz bestimmt werden. Aus diesen Daten kann nun durch Triangulierung die Position bestimmt werden. Entweder in der MS selbst oder die Daten werden an das MLC gesendet. Durch die aktivere Rolle der MS entsteht weniger Backbonetraffic zwischen den BTS und dem MLC aber dafür entsteht mehr Verkehr auf der Luftschnittstelle. Die Genauigkeit erreicht 60 m (Land) bis 200 m (Stadt).

1.3.4 Berechnung mit Hilfe des CGI Verfahrens

Da der CGI, die TA Werte sowie die NMR Werte bereits vom GSM Netz erzeugt werden, ist es möglich mit kleinen Erweiterungen (Schaffen eines Zugriffs auf diese Daten auch über das BSC, dies führt zu weniger Verkehr auf Luftschnittstelle) ein Verfahren zur Positionsbestimmung von MS zu entwickeln.

1.3.4.1 Bestimmung des Abstandes

1.3.4.1.1 Timing Advance (TA)

Der TA Wert wird im Abschnitt 1.2.4 beschrieben. Wie dort errechnet können über ihn Laufzeitunterschiede von max. 233 μ s in 3,7 μ s Schritten korrigiert werden. Mit der Umrechnung $s=t*c*0.5$ ergibt sich eine Möglichkeit den Abstand von der BTS mit einer Genauigkeit von 550 m anzugeben.

1.3.4.1.2 Network Measurement Report (NMR)

Der NMR wird erzeugt, um den geeigneten Zeitpunkt für ein Handover zu ermitteln (Siehe Abschnitt 1.2.6). Diese Daten lassen sich mit dem Hata-Okumura Modell auch zur Positionsbestimmung der MS nutzen.

Hata-Okumura Modell

Das Hata-Okumura Modell (Quelle: 19, 20) ist geeignet die Abdeckung von Funkzellen für Frequenzen bis max. 2 GHz bis zu einer Entfernung von 100 km zu errechnen.

$$\Delta P = 69,55 + 26,16 \log(f) - 13,82 \log(h_{BTS}) - a(h_{MS}) + [44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})] \log(d) \text{ dB}$$

ΔP : Änderung der Empfangsfeldstärke in dB

f : Trägerfrequenz in MHz

h_{BTS} : Höhe über dem Boden der Antenne der BTS in Meter

h_{MS} : Höhe über dem Boden der Antenne der MS in Meter

d : Entfernung von der BTS in Kilometer

Korrekturfaktor der Höhe der MS:

Kleine bis Mittelgroße Stadt:

$$a(h_{MS}) = (1,1 \log(f) - 0,7) h_{MS} - (1,56 \log(f) - 0,8) \text{ dB}$$

Große Stadt:

$$a(h_{MS}) = 3,2 (\log(11,75 h_{MS}))^2 - 4,97 \text{ dB}$$

Daraus ergibt sich für d:

$$d = 10^{\left(\frac{\Delta P - 69,55 - 26,16 \log(f) + 13,82 \log(h_{BTS}) + a(h_{MS})}{44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})} \right)}$$

Gegeben:

Annahme:

GSM 900

$h_{MS} = 1$ m (MS im Fahrzeug)

$f = 935$ MHz + $n \cdot 200$ kHz

$h_{BTS} = 50$ m

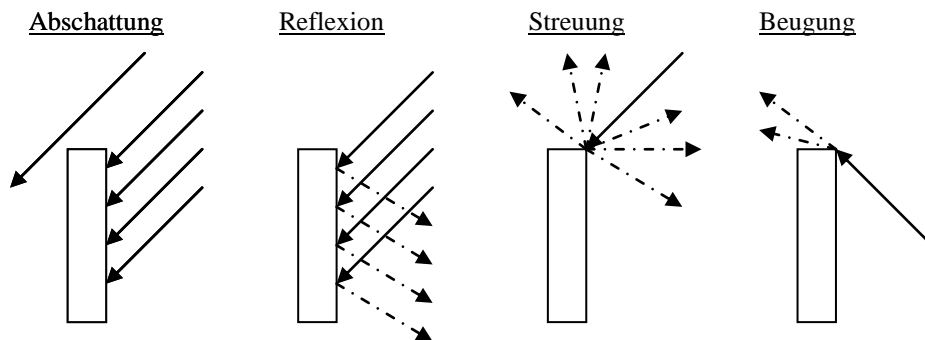
GSM 1800

$f = 1805$ MHz + $n \cdot 200$ kHz

Probleme bei der Auswertung der NMR

Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ist nicht leicht vorhersehbar durch:

- Mehrwegeausbreitung aufgrund folgender Effekte



- Freiraumdämpfung (Wetterabhängig)

Um diese Probleme zu umgehen ist es möglich Karten der Empfangsfeldstärken der einzelnen BTS mit Hilfe von GPS-NMR-Messgeräten in Postfahrzeugen oder Taxis aufzubauen. Die Daten werden in einer Datenbank erfasst, mit deren Hilfe den einzelnen NMR Werten der MS eine Position zugeordnet werden kann.

1.3.4.2 Mögliche Berechnung der Position

TA (nur von der BTS verfügbar in den die MS eingebucht ist) und NMR ergeben durch Umrechnung die Kreisradien (d_1, d_2), d_{bts} ist der Abstand der Basisstationen voneinander. Da die Position (x_1, y_1, x_2, y_2) der von der MS empfangenen BTS über ihre CGI ermittelt wird, ist es wichtig, Ungenauigkeiten in der erstellten Positionsdatenbank zu vermeiden.

Gesucht ist die Position der MS (x, y).

1.3.4.2.1 Geometrisch

Bekannt:

BTS Position: x_1, y_1, x_2, y_2

Abstand: d_1, d_2

$$d_{BTS} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$\sin(a) = \frac{(y_2 - y_1)}{d_{BTS}}$$

$$\cos(a) = \frac{(x_2 - x_1)}{d_{BTS}}$$

Kosinussatz:

$$d_1^2 = d_{BTS}^2 + d_2^2 - \cos(\beta) 2d_{BTS}d_2$$

$$\cos(\beta) = \frac{-d_1^2 + d_{BTS}^2 + d_2^2}{2d_{BTS}d_2}$$

$$l_2 = d_2 \sin(\beta)$$

$$l_2 = d_2 \sin\left(\cos^{-1}\left[\frac{-d_1^2 + d_{BTS}^2 + d_2^2}{2d_{BTS}d_2}\right]\right)$$

$$l_1 = \sqrt{d_2^2 - l_2^2}$$

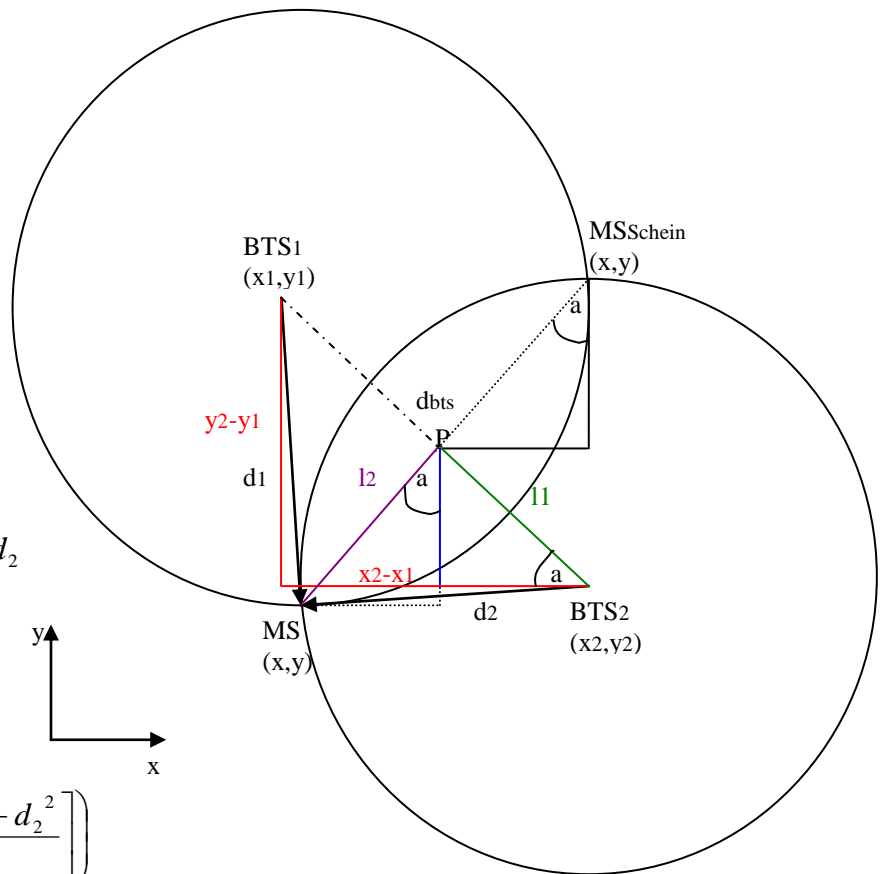
$$x = x_p \mp l_2 \sin(a)$$

$$y = y_p \pm l_2 \cos(a)$$

$$x_p = x_2 - l_1 \cos(a)$$

$$y_p = y_2 - l_1 \sin(a)$$

$$\begin{aligned} x &= x_2 - l_1 \cos(a) \mp l_2 \sin(a) \\ y &= y_2 - l_1 \sin(a) \pm l_2 \cos(a) \end{aligned}$$



1.3.4.2.2 Kreisgleichung

Bekannt:

BTS Position: x_1, y_1, x_2, y_2 ,

Abstand: d_1, d_2

$$d_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2$$

$$d_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2$$

Mit Hilfe des Rechners lassen sich die Lösungen dieses Gleichungssystems durch Approximation und Iteration hinreichend genau bestimmen.

Als Lösung der beiden Methoden werden jeweils zwei (x, y) Koordinaten als Ergebnisse ermittelt. Durch einrechnen der Daten einer dritten BTS kann dann die Scheinlösung ausgeschlossen werden.

2 Aufgabe

Schreiben eines Programmes zum parallelen Sammeln der für die mobile Verkehrsdatenerfassung wichtigen Betriebsdaten eines GSM 900 und eines GSM 1800 Netzes. Gleichzeitig sollen GPS Positionen als Referenz mitgeschrieben werden. Nach dem Sammeln der Daten mit einem VW Bus auf ausgewählten Strecken schließt sich Analyse und Visualisierung an.

2.1 Versuchsaufbau

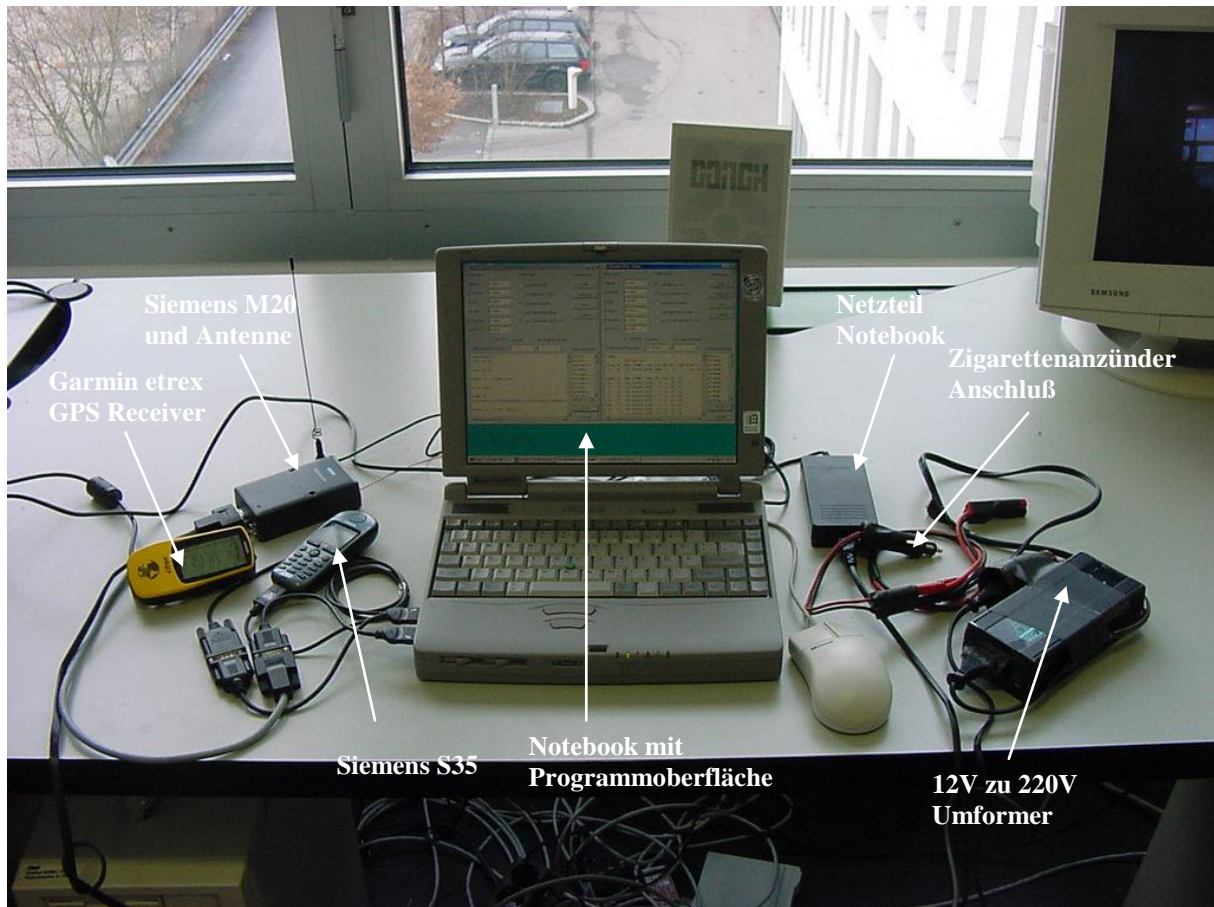


Abb. 6: Der Versuchsaufbau

12V zu 220V Umformer: Stromversorgung für Notebook und Siemens M20 über den Zigarettenanzünder des Fahrzeuges.

Siemens S35: MS für das GSM 1800 Netz

Siemens M20: MS für das GSM 900 Netz

Garmin etrex: GPS-Receiver für Positionsdaten

Toshiba Notebook: Notebook mit Erweiterungskarte für zwei zusätzliche serielle Schnittstellen.

Betriebssystem: MS Windows 98

Entwicklungsumgebung: Borland JBuilder 3.5

Die MS und der GPS-Receiver werden über serielle Schnittstellen (RS 232) mit dem Notebook verbunden.

Datenübertragungsgeschwindigkeit:

- MS: 19200 baud
- GPS-Receiver: 4800 baud

Der Versuchsaufbau ist portabel und wurde zum Sammeln der Daten in einem VW Bus installiert.

2.2 Programm

Das Programm wurde in Java 1.2 geschrieben. Seine Aufgabe besteht darin in bestimmten Abständen die MS über AT Befehle zu veranlassen die GSM-Betriebsparameter auszugeben und diese in einer Log-Datei mitzuschreiben. Gleichzeitig wird die GPS Position (geographische Koordinatenangaben) zu diesem Zeitpunkt in einer Log-Datei festgehalten. Die Log-Dateien sind Excel-Kompatibel. Das ansprechen der seriellen Schnittstelle erfolgt über die JAVA COMM Befehls Bibliothek.

2.2.1 Oberfläche

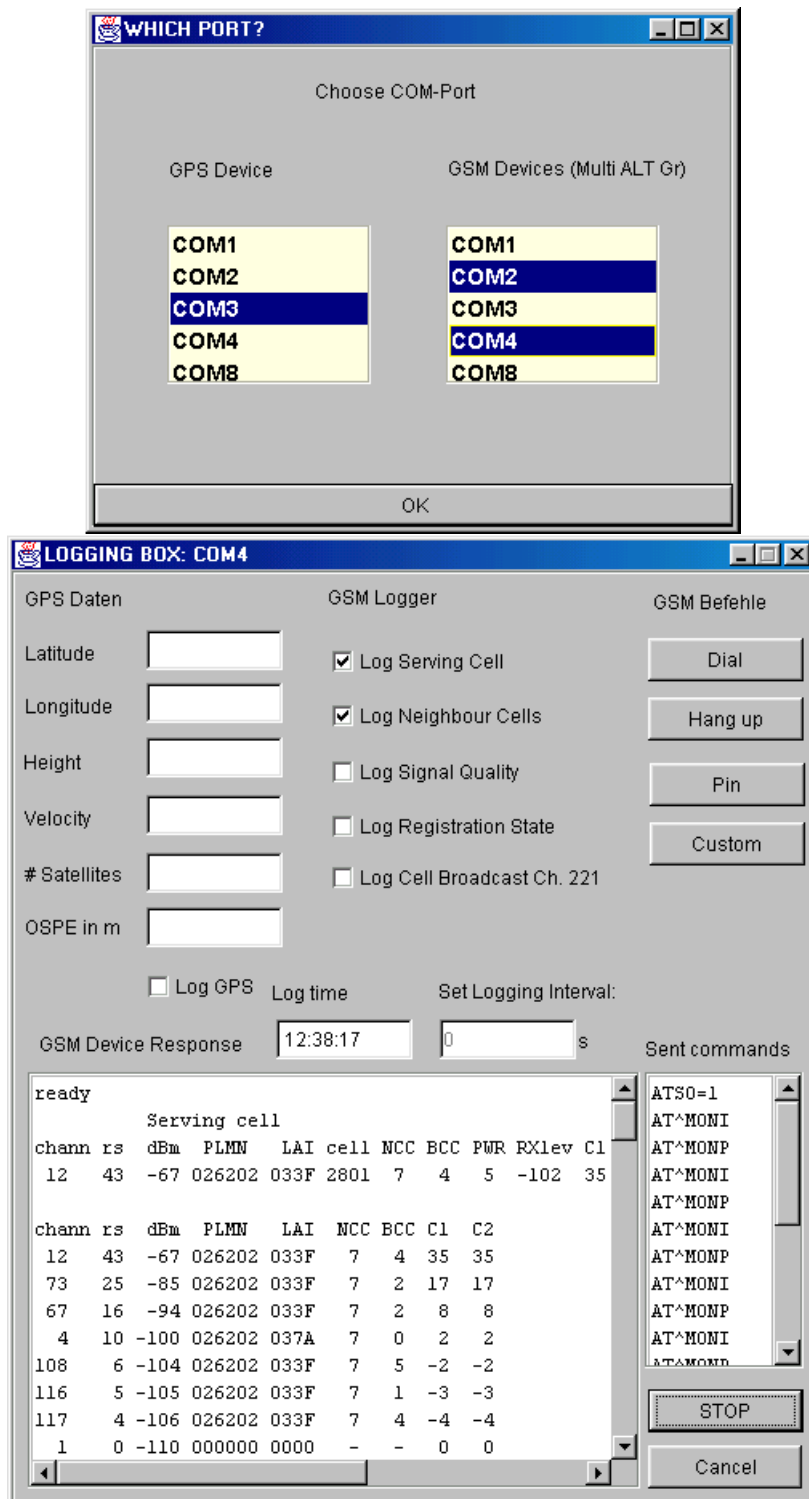


Abb. 7: Die Programmoberfläche

Zu Beginn wird der Benutzer gefragt an welchen seriellen Schnittstellen sich die einzelnen Geräte befinden. Wobei ein GPS Receiver und max. drei MS angeschlossen werden können (Aufgrund der Einschränkungen des JAVA COMM Paketes, welches max. vier serielle Schnittstellen unterstützt). Danach wird pro MS eine Oberfläche geöffnet, die die Funktionen des Programmes dem Benutzer zugänglich macht. Es werden die Daten des GPS-Receiver (Längengrad, Breitengrad, Höhe, Geschwindigkeit, Anzahl der empfangenen Satelliten, Overall Spherical Error in Metern - Wert für Genauigkeit der Position) sowie die gesendeten AT-Befehle (Sent Commands) und die Reaktionen der MS (GSM Device Response) angezeigt. Der Benutzer kann wählen welche Daten das Programm in den Log-Dateien mitschreiben soll. Die Einträge erhalten den Zeitstempel der im "Log time" Feld erscheint. Es ist Möglich eine beliebige Nummer anzuwählen (Dial), aufzulegen (Hangup) oder die PIN einzugeben (Pin). Zusätzlich kann der Benutzer über Custom beliebige weitere AT-Befehle an die MS senden. Der Log-Vorgang wird über den LOG/STOP Button gestartet/angehalten. Cancel beendet das Programm.

2.2.2 AT Befehle

2.2.2.1 Erläuterung

Der AT-Standard ist eine zeilenorientierte Befehlssprache zur Steuerung von Kommunikationsgeräten. Entwickelt wurde dieser Standard von der amerikanischen Firma Hayes. Jeder Befehl besteht aus drei Elementen: Präfix, Hauptteil und Endezeichen.

Präfix: "AT" (für Attention)
Hauptteil: Zeichenfolge die Befehlswort und Parameter enthält.
Endezeichen: "0x0D" = "<CR>"

Der vollständige AT-Befehl wird als Zeichenfolge an die serielle Schnittstelle gesendet. Jeder Befehl wird mit OK oder ERROR vom Gerät quittiert. Zusätzlich können je nach Befehl auch erweiterte Antworten auftreten.

Die verwendeten MS unterstützen den AT-Standard nach GSM 07.07 und GSM 07.05

2.2.2.2 Verwendete AT Befehle:

Standard AT Hayes Befehle

Modem Initialisieren:	"ATE0Q1V1"
Wähle Nummer:	"ATD=<nummer>"
Auflegen:	"ATH";
Rufannahme nach einem Wählen:	"ATS0=1";

AT Cellular Befehle (GSM 07.07)

Pin eingeben:	"AT+CPIN=<pin>"
Status der MS ausgeben:	"AT+CPAS"
Hersteller ID ausgeben:	"AT+CGMI"
Modell ID ausgeben:	"AT+CGMM"
Verfügbare Netzbetreiber ausgeben:	"AT+COPS?"
Signal Qualität ausgeben:	"AT+CSQ"
Registrierungszustand ausgeben:	"AT+CREG?"
Broadcast Kanal Auswahl:	"AT+CSCB=0,"221","0"
Weiterleiten der Nachrichten des Broadcast Kanals über Schnittstelle:	"AT+CNMI=1,,2,,1"
Weiterleiten beenden:	"AT+CNMI=0,0,0,0,0"

Den Abschluß bilden gekennzeichnet durch "*" das optionale Checksummenfeld (2 Zeichen) und ein CR/LF.
Die Checksumme wird durch ein XOR der Zeichen des Satzes gebildet (ohne "\$" und "*"). Der Standard erlaubt es den Herstellern auch eigene Sätze zu definieren. Sie sind gekennzeichnet durch "\$P" und 3 Zeichen Hersteller ID.

Beispielsätze:

Global Positioning System Fix Data

\$GPGGA,162829,4753.1446,N,01128.2266,E,1,04,2.9,558.0,M,,,,,*03

GP: Receiver ID
 GGA: Satz ID
 162829: GPS Zeitstempel (16:28:29 Uhr Universal Coordinated Time - UTC)
 4753.1446: Breitengrad 48° 53.1446' (geographische Koordinaten)
 N: nördliche Breite
 01128.2266: Längengrad 11° 28.2266' (geographische Koordinaten)
 E: östliche Länge
 1: GPS Wert (0 = invalid, 2=DGPS Wert)
 04: 4 Satelliten waren an der Positionsbestimmung beteiligt.
 2.9: Wert für horizontale Unschärfe der Präzision
 558.0: Höhe: 558.0 m über dem Meeresspiegel
 M: Fester Bezeichner.
 leeres Feld: Höhe über dem WGS84 Ellipsoiden
 leeres Feld: M
 leeres Feld: Zeit in Sekunden seit letztem DGPS Update
 leeres Feld: DGPS Stations ID
 *03: Checksumme

Satellites in view

\$GPGSV,3,1,09,18,84,010,37,16,56,108,,04,55,252,30,19,48,172,33*7D

3: Anzahl der zugehörigen Sätze (hängt von der Anzahl der empfangenen Satelliten ab)
 1: Erster der 3 Sätze
 09: Anzahl der empfangenen Satelliten
 18: dem Satelliten zugehörige Pseudo Random Number (PRN)
 84: Höhe in Grad
 010: Azimuth in Grad
 37: Signal Stärke (höher ist besser)
 Wiederholung ab PRN Nummer (bis zu 4 Satelliten pro Satz)
 *7D: Checksumme

Track Made Good and Ground Speed.

\$GPVTG,97.57,T,,M,0.51,N,0.9,K*51

97.57: True track made good
 T: Bezeichner für Track made good
 Leeres Feld: Magnetic track made good
 M: Bezeichner für Magnetic track made good
 0.51: Geschwindigkeit in Knoten
 N: Fester Bezeichner. Legt fest das Geschwindigkeitsangabe im Feld davor in Knoten erfolgt
 0.9: Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde
 K: Fester Bezeichner. Legt fest das Geschwindigkeitsangabe im Feld davor in Kilometer pro Stunde erfolgt
 *51: Checksumme

Hersteller spezifischer Satz (Garmin : Estimated error)

\$PGRME,15.0,M,45.0,M,25.0,M*22

15.0,M: Geschätzter horizontaler Fehler der Positionsangabe in Metern (HPE)
 45.0,M: Geschätzter vertikaler Fehler der Positionsangabe in Metern (VPE)
 25.0,M: Sphärische Abweichung der Position (OSPE)

Der verwendete Garmin etrex GPS Receiver gibt die GPS Positionsdaten gemäß dem NMEA 0183 Standard aus. Die Sätze werden selbständig jede Sekunde über die serielle Schnittstelle gesendet.

2.2.5 Ausgabe des Programmes

Das Programm schreibt die Daten der MS und des GPS Receivers in einem Excel kompatiblen Format als ASCII Zeichenfolge.

Dateiname:

<Schnittstelle><Loggerbezeichnung>.TXT

Erklärung zu den geschriebenen Informationen

GPSLog

time	Latitude	Longitude	Height	Velocity	Satellites
Zeit	Breitengrad in Grad Minuten und tausendstel Minuten	Längengrad in Grad Minuten Und tausendstel Minuten	Höhe in m	Geschwindigkeit in km/h	Anzahl der Satelliten die empfangen wurden

OSPE	HPE	VPE	HDOP	VDOP
Overall spherical position error in m	Horizontal position error in m	Vertical Position error in m	Horizonzal dilution of precision Faktor der Einfluß der Satellitenposition auf Genauigkeit beschreibt je kleiner um so genauer (min 1)	Vertical dilution of precision Faktor der Einfluß der Satellitenposition auf Genauigkeit beschreibt je kleiner um so genauer (min 1)

CB221Log

time	ViagCB221	Latitude	Longitude
	Werte aus dem Viag Cellbroadcast Kanal 221 (Position des BTS in die Handy eingebucht ist)	Breitengrad aus CB221 errechnet in dezimaler Form	Längengrad aus CB221 errechnet in dezimaler Form

RegistrationStateLog

time	Status	Location Area Code	Cell Id
	0- nicht eingebucht + keine Netzsuche 1- eingebucht, Heimatnetz 2- nicht eingebucht + Netzsuche 3- Einbuchung durch Netz verweigert 4- unbekannt 5- Einbuchung mit Bereichswechsel (Roaming)	Location Area Identifier	Cell Identity

SignalQualityLog

Time	Recvd. Signal	Power (dBm)	Bit error rate
	Rssi-Werte (Radio Signal Strength Indicator) 0: max. -113 dBm 1: -111 dBm 2-30: -109...-53 dBm 31: mind. -51 dBm 99: unbekannt	rssi --> dBm	0...7: RXQUAL-Werte in GSM 5.08 99: unbekannt

NeighbourCellsLog

Time	Chann	Rs	dBm	PLMN
	Kanalnummer	Rssi-Werte (0-63)	Empfangspegel in dBm	Public Land Mobile Network

LAI	NCC	BCC	C1	C1
Location Area Identifier	Network Colour Code	Base Station Colour Code	Koeffizient für Basisstationsauswahl	Koeffizient für Basisstationsauswahl

ServingCellLog

time	chann	Rs	dBm	PLMN	LAI
	Kanalnummer	Rssi-Werte (0-63)	Empfangspegel in dBm	Public Land Mobile Network	Location Area Identifier

cell	NCC	BCC	PWR	Rxlev	C1
Cell Identity	Network Colour Code	Base Station Colour Code	Maximaler Leistungspegel auf RACH-Kanal	Minimaler Empfangspegel (in dBm) für Einbuchung	Koeffizient für Basisstationsauswahl

chann	TS	TimAdv	PWR	dBm	Q
Kanalnummer	Zeitlage	Timing Advance in Bits	Aktueller Leistungspegel	Empfangspegel in dBm	Empfangsqualität (0-7)

2.3 Visualisierung der Daten

Die gesammelten Daten werden mit Hilfe der graphischen Programmiersprache Agilent VEE Onelab 6.0 und einem in MS Visual C++ 6.0 geschriebenen Active X Steuerelement visualisiert. Das Steuerelement erweitert die Darstellungsmöglichkeiten des Programmes VEE Onelab 6.0.

2.3.1 Schnittstelle des Steuerelementes:

Mit diesen Funktionen werden die Werte für die MS und die BTS an das Steuerelement übergeben. Die Angabe von Entfernungen und Positionen erfolgt in Pixel.

Ungenauigkeit der Positionsangabe: void SetRadius(short Radius)
Aktueller CGI: void SetCurrentCellID(LPCTSTR CellID)
Position der MS: void SetCoordinates(short X, short Y)

Mit diesen Funktionen werden die Daten der Zellen, die Karte und Darstellungsmodi übergeben

Daten des BTS: void AddCell(short X, short Y, short Radius, LPCTSTR CellID, short Type)
Anzahl der darzustellenden Zellen festlegen: void SetamountofCells(Amount)
(-1=alle, n=die n Letzten)
Pfad des Karten Bitmaps: short LoadMap (LPCTSTR FileName)
Modus der Darstellung: void DisplayProperties(short ShowMovingObject, short UpdateMap)
(UpdateMap=0 -> Spur wird gezeichnet)

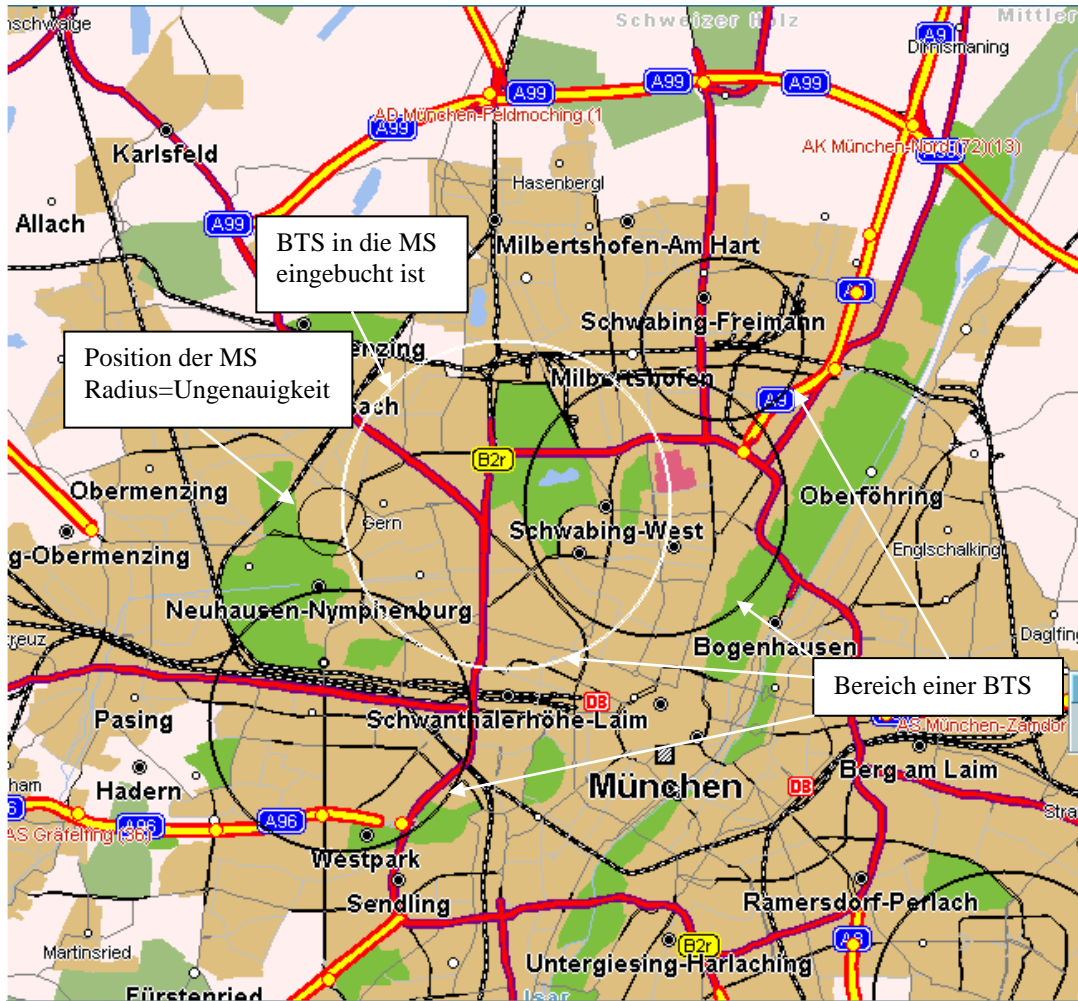
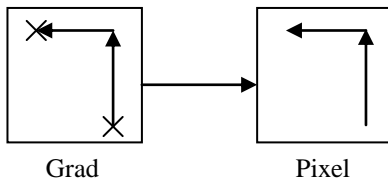


Abb. 8: Das Active X Steuerelement

2.3.2 Umwandlung Grad in Pixel

Da es sich bei dem Kartenausschnitt um einen kleinen quadratischen Teil der Erdoberfläche handelt, kann dieser Abschnitt als planar angenommen werden.



$$\vec{P} = (TR1 \times \vec{G}) + \vec{TR2}$$

\vec{G} ist ein Vektor der die Position in dezimaler Längen- und Breitengradangabe enthält.

\vec{P} ist ein Vektor der die umgerechnete Position in Pixelkoordinaten enthält.

Die Transformationsmatrix $TR1$ und der Basisvektor $TR2$ werden über die zwei Referenzpunkte ($P1, P2, G1, G2$) errechnet, deren Position in Pixel und Grad in einer Definitionsdatei zur jeweiligen Karte angegeben wird.

Beispiel:

Landkarte, Datei: 683x839

muc_c001.bmp

Kalibrierpunkte:

Karlsfeld

Pixel Koordinaten: 96,74

Geographische Koordinaten: 11:28:18,48:13:21

Unterhaching

Pixel Koordinaten: 500,728

Geographische Koordinaten: 11:36:34,48:04:02

Variablen die aus der Definitionsdatei gebildet werden

P1:

Pixelkoordinaten(x,y) oben links.

P2:

Pixelkoordinaten(x,y) unten rechts.

G1:

Geographische Koordinaten(Länge,Breite) in dezimaler Darstellung oben links

G2:

Geographische Koordinaten(Länge,Breite) in dezimaler Darstellung unten rechts

Die Umrechnung der Koordinaten erfolgt in der Programmiersprache Agilent VEE Onelab 6.0. Zusätzlich wird für die Karte zur korrekten Angabe der TA-Radien die Anzahl der Meter pro Pixel bestimmt.

Programm siehe nächsten Seite.

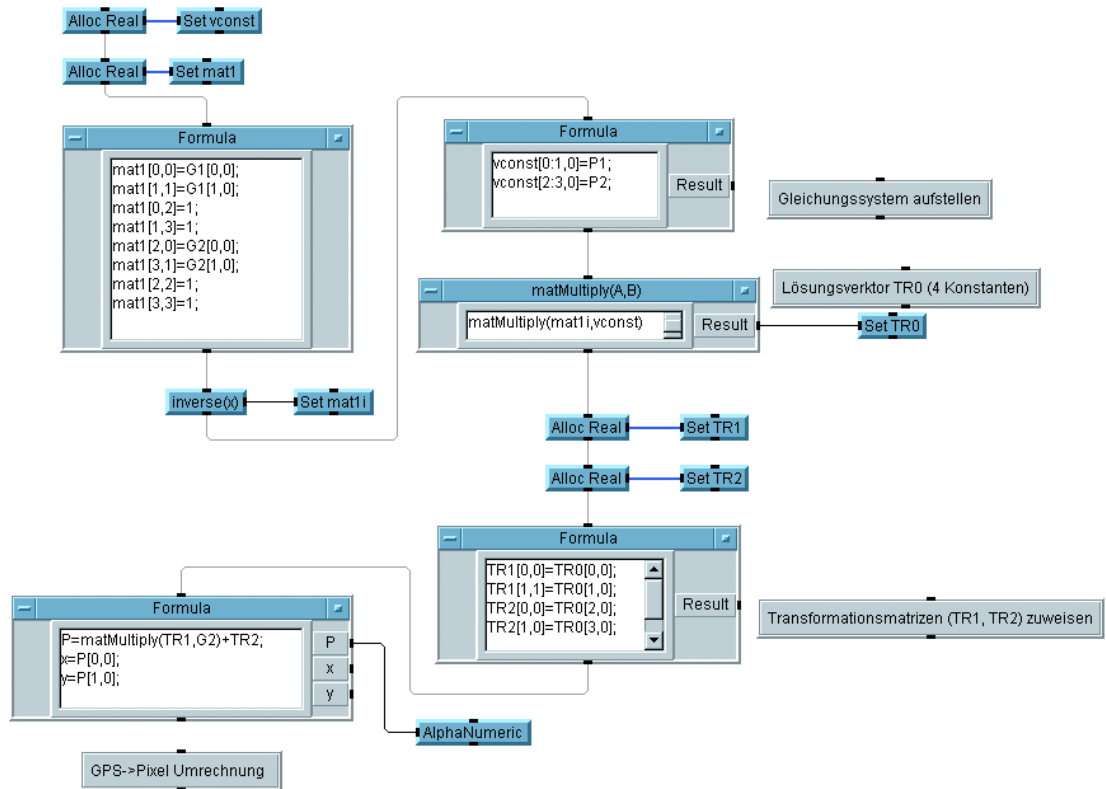


Abb. 9: Programmcode zur Umrechnung von Längen- und Breitengradangaben in Pixelkoordinaten.



Abb. 10: Programmcode zur Ermittlung der Meter pro Pixel

3 Quellen

Einführung

1. Material der Mannesmann Pilotentwicklung

Das GSM Netz

2. <http://www.comms.eee.strath.ac.uk/~gozalvez/gsm/gsm.html>
3. <http://omnibus.uni-freiburg.de/~seideli/gsm12.htm#Schichten>
4. <http://www.hut.fi/~mlofgren/gsm/gsm.htm>
5. <http://kbs.cs.tu-berlin.de/~jutta/gsm/js-intro.html>
6. <http://www.pt.com/products/gsmintro.php>
7. <http://www.nobbi.com>
8. <http://www1.internet.gr/users/ametsi/CellularNetworkStructureEnglishVersion.htm>
9. <http://www.telecom.ntua.gr/~libero/LOCATION.html>
10. http://www.mobileworld.org/gsm_about_06.html
11. <http://www.uni-weimar.de/~froebel/Belege/R&BS/>
12. <http://www.funkcom.ch/minilex1.htm#g>
13. <http://www.felons.org/pub/technical/cellular/cms40.html>
14. Reschke, D.; Krüger, G.; (2000): Lehr und Übungsbuch Telematik, 1. Aufl., Fachbuchverl. Leipzig, Leipzig

Bestimmung der Position einer MS über das GSM Netz

15. <http://www.glue.umd.edu/~skant/project621.html>
16. <http://ourworld.compuserve.com/homepages/TFriebe/diplom/html/kap2.htm>
17. http://www.3gpp.org/News/Mobile_news_2000/lcs.htm
18. <http://www.trueposition.com/tdoa.htm>
19. <http://www.willassen.no/msl/diplom.html>
20. http://wcrge.engr.ucf.edu/Web_Paper/HATA.html

Programm

21. <http://www.java.sun.com>

AT Befehle

22. Technische Beschreibung Cellular Engine Siemens M20 Terminal

PDU decodieren

23. <http://www.sics.se/~lpe/help/sms>
24. <http://fly.ch/gps/pduMode.htm>
25. http://www.ic.siemens.com/external/tt/de/mw/hd/hd/sms_pdumode.pdf

NMEA Standard

26. http://menger.eecs.stevens-tech.edu/~arawal/final_report_SPRING.htm
27. <http://celia.mehaffey.com/dale/interface.htm#nmea>
28. <http://home.mira.net/~gnb/gps/nmea.html#gga>

Visualisierung der Daten

29. Chapman, Davis (1998): Visual C++ in 21 Tagen, 1. Aufl., Markt&Technik, München
30. Handbuch Agilent VEE Onelab 6.0 Benutzerhandbuch
31. Handbuch Agilent VEE Onelab 6.0 Advanced Topics
32. <http://www.gpinstruments.com/products/vee/support/index.shtml>