

Vergleich verschiedener Verfahren zum Empfang von DGPS - Korrekturdaten

Projekt MOSES

Studienarbeit

von

Tobias Kiefer

Fachhochschule Offenburg
Elektrotechnik Studiengang
Nachrichten- und Kommunikationstechnik

Betreuer :

Dipl. Ing. (FH) Lars Schanbacher

Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Systembeschreibung
 - 2.1 Grundlagen der Navigation
 - 2.1 Navigationsprinzip GPS
 - 2.2 Navigationsprinzip DGPS
3. Systembeschreibung der DGPS - Empfänger
 - 3.1 Systembeschreibung RASANT
 - 3.1.1 Allgemein
 - 3.1.2 Radio Daten System (RDS)
 - 3.1.3 Verfahrenslösung RASANT
 - 3.1.4 Ausstrahlungsgebiet
 - 3.1.5 Sender- und Frequenzübersicht
 - 3.2 Systembeschreibung ALF
 - 3.2.1 Allgemein
 - 3.2.2 LW-Sender in Mainflingen
 - 3.2.3 Monitorstation in Potsdam
 - 3.2.4 Vorteile der LW-Nutzung
 - 3.2.5 Ausstrahlungsgebiet
4. Beschreibung der RTCM – Korrekturdaten
5. Beschreibung / Bedienung der DGPS – Empfänger
 - 5.1 RASANT (Ertec)
 - 5.1.1 Allgemein
 - 5.1.2 Servicesoftware
 - 5.2 ALF
 - 5.2.1 Beschreibung der einzelnen Empfängerfunktionen
 - 5.2.2 Konfiguration der seriellen Schnittstelle und Anschlußbelegung der 12 poligen Stiftleiste

6. Meßaufbau

- 6.1 Blockschaltbild
- 6.2 Vergleich der Genauigkeiten bei verschiedenen DGPS - Empfängern
 - 6.2.1 Evaluation-Software
 - 6.2.2 Messungen mit und ohne DGPS
 - 6.2.3 Auswertung der Messung
 - 6.2.4 Verfügbarkeit der RTCM-Daten

Anhang

Kapitel 1

Einleitung

Das NAVSTAR Global Positioning System (GPS) ist ein Echtzeit-Satelliten-Navigationssystem. Die Entwicklung begann 1973 und im Jahre 1978 wurde der erste GPS-Satellit ins Weltall gebracht. Fünf Jahre später wurde der zivile Code im GPS-Signal freigegeben, was erst eine zivile Nutzung des ursprünglich als rein militärisches System geplanten GPS ermöglichte. 1995 hat das amerikanische Department of Defense (DOD) das System als voll operationell erklärt. Damit ist es möglich, daß Nutzer des Systems weltweit Ihre Position bei jedem Wetter und zu jeder Zeit bestimmen können. Durch die fortschreitende Technik werden die Empfänger immer kleiner und billiger, so daß diese Technik auch für den Normalverbraucher erschwinglich sein wird. Schon heute wird diese Technik in vielen Bereichen angewendet, wie zu Lande, zu Wasser und in der Luft.

Das GPS wurde für das amerikanische Verteidigungsministerium entwickelt und sollte hauptsächlich im militärischen Bereich Anwendung finden. Aber schon beim Systemdesign hat man eine zivile Nutzung eingeplant. Das amerikanische Militär als Betreiber behält sich jedoch vor, die Genauigkeit für zivile Anwendung künstlich herabzusetzen. Nur verbündeten Militärs wird die Verwendung der höchstmöglichen Genauigkeit erlaubt.

Um diese Einschränkung so gut wie möglich zu kompensieren, wurden mehrere Meßverfahren entwickelt. Eines davon ist das DGPS, bei dem durch eine Referenzmessung die augenblicklich auftretenden Fehler bestimmt und in die Positionsberechnung mit einbezogen werden können.

Kapitel 2

Systembeschreibung

2.1 Grundlagen der Navigation

Unter Navigation versteht man die Bestimmung der Bewegung in eine Richtung durch einen Raum. Dazu muß jedoch vorher der eigene Standort bestimmt werden. Die einfachste Möglichkeit besteht darin, den Winkel in Bezug auf den Nordpol (N) eines bekannten Punktes (A) zu suchen. So kann man den Standpunkt zweidimensional festlegen. Trägt man den Winkel dann in eine Karte ein, so befindet sich im Schnittpunkt der beiden Graphen der gesuchte Standort, wie im Bild 2.1 dargestellt ist.

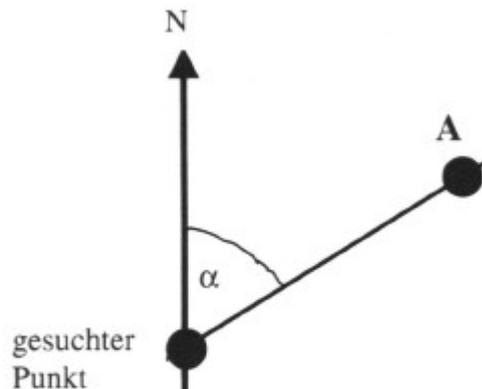


Bild. 2.1: Bestimmung der Position anhand zwei fester Punkte

Eine weitere Möglichkeit, den Standort genau zu bestimmen besteht darin, bei bekanntem Abstand zu den drei Bezugspunkten jeweils einen Kreis um diese Bezugspunkte zu ziehen, wobei die jeweiligen Radien dem Abstand zu dem jeweiligen Bezugspunkt gleichzusetzen sind. Zeichnet man sich dies auf eine Karte auf, so befindet sich im Schnittpunkt der drei Kreise der gesuchte Punkt, wie in Bild 2.2 dargestellt:

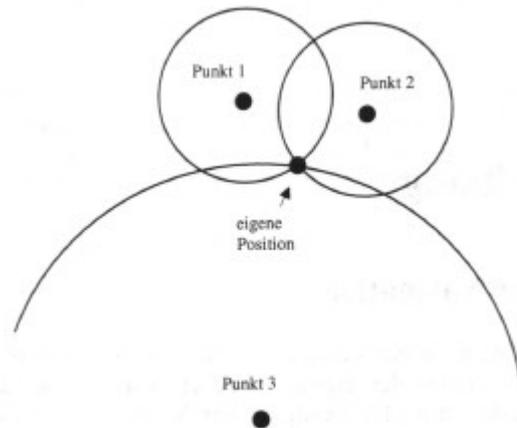


Bild 2.2: Bestimmung des Standpunktes durch Kenntnisse der Entfernungen von den Bezugspunkten

Bei einem idealen Satellitennavigationssystem geht man davon aus, daß zwischen den Empfänger- und Satellitenfrequenznormalen keine Abweichungen auftreten. Um die Entfernung zwischen einem Empfänger und einem Satelliten zu bestimmen, mißt man die Signallaufzeit zwischen Sender und Empfänger.

Da sich der Satellit im Raum befindet, bewegen sich die Signale kugelförmig von dem Sender weg. Der Satellit liegt somit innerhalb einer Kugel. Damit nun eine Position bestimmt werden kann, müssen sich die drei Kugeln ineinander schneiden. Es gibt dann zwei Schnittpunkte, jedoch kann einer in der Regel aus Plausibilitätsbetrachtungen ausgeschlossen werden. In Bild 2.3 ist dies dargestellt.

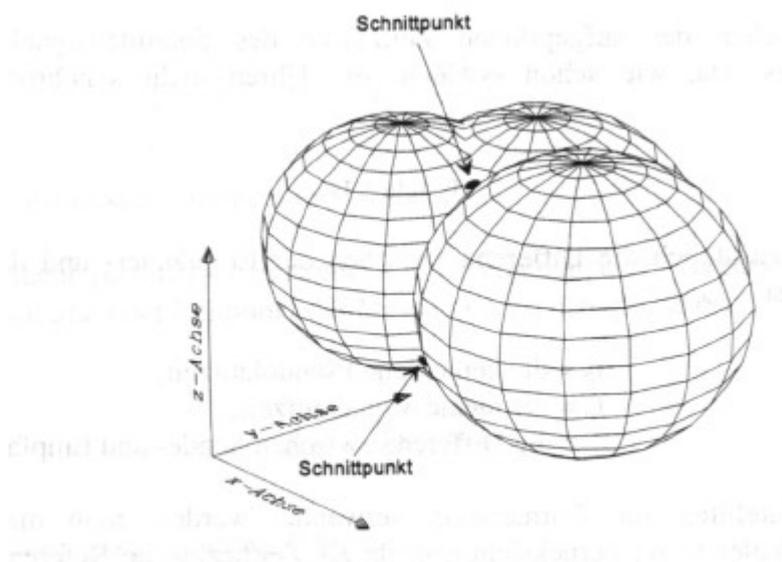


Bild 2.3: Schnittpunkte der drei Kugeloberflächen

2.2 Navigationsprinzip GPS

Um eine dreidimensionale Positionsbestimmung durchführen zu können, müssen mindestens vier Satelliten sichtbar sein. Daher wurde das GPS entwickelt, das aus sechs Bahnen zu je vier Satelliten besteht. Sie bewegen sich auf einer nahezu kreisförmigen Bahn um die Erde in ca. 20000 km Höhe. Die Satelliten benötigen eine Umlaufzeit von ca. 12 Std., wobei die Bahnen der Neigung von 55° (Inklination) zum Äquator haben.

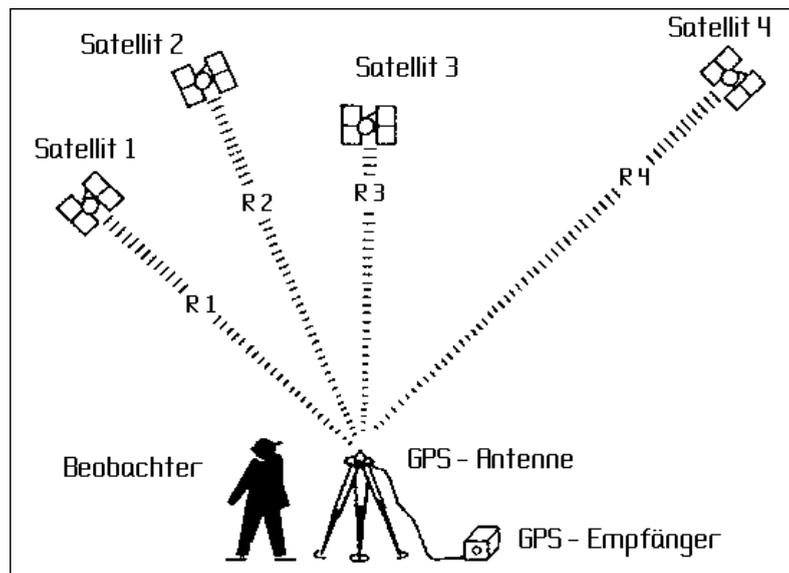


Bild 2.4: GPS-Navigationsprinzip

Wie in Bild 2.4 dargestellt ist, empfängt ein Navigationsempfänger die Signale der für ihn sichtbaren Satelliten. Mittels sogenannter Ephemeridaten, das sind Satellitenbahnparameter, die mit den Satellitensignalen vom Satellit zum Empfänger übertragen werden, und der aktuellen Zeit, kann der Navigationsempfänger die Koordinaten, der für ihn sichtbaren Satelliten berechnen. Die Satellitensignale beinhalten weiterhin breitbandige Signalanteile mit einem Zeitstempel, mit deren Hilfe über Signallaufzeitmessungen die Entfernung zu den Satelliten berechnet werden können. Die mittels Signallaufzeitmessungen bestimmten Entfernungen sind jedoch nur dann ein Maß für die tatsächlichen geometrischen Entfernungen zwischen Empfänger und den Navigationssatelliten, wenn die Zeitsysteme der Satelliten untereinander und im Empfänger hochgenau und absolut synchronisiert sind. Bei den GPS und GLONASS Satelliten untereinander ist dies durch die Verwendung von Caesium- bzw. Rubidiumfrequenznormalen gewährleistet. In einem Navigationsempfänger dagegen, will man jedoch auf derart teure und empfindliche Zeitsysteme verzichten und nimmt deshalb bewußt einen Uhrenfehler durch die Verwendung eines einfachen Quarzoszillators in Kauf. Aufgrund dieses Uhrenfehlers sind jedoch die auf Signallaufzeitmessung basierenden Entfernungen keinen geometrischen Entfernungen sondern Pseudoentfernungen (pseudorange). Bei der zuvor betrachteten Navigationsaufgabe muß somit unter realen Bedingungen dieser Uhrenfehler als weitere Unbekannte berücksichtigt werden.

2.3 Navigationsbeschreibung DGPS (Differentielles GPS)

Bei einem Einsatz von zwei GPS-Empfängern, die auf verschiedenen Punkten gleichzeitig identische Satellitensignale registrieren, kann die Genauigkeit der Positionierung deutlich gesteigert werden. Derartig differentiell arbeitende GPS-Verfahren werden als Differential GPS (DGPS) bezeichnet. Sie werden unterschieden nach der Art der Beobachtungsgrößen (Codemessungen oder Phasenmessungen) und des Auswertzeitpunktes (Echtzeit oder Postprocessing). Hier bestimmt mit Hilfe der Satelliten ein zweiter stationärer Empfänger (Referenzstation), dessen Standort sehr genau vermessen wurde, die augenblickliche Position und vergleicht diese mit der bekannten Position. Damit werden die augenblicklichen Fehler berechnet, die in der näheren Umgebung auftreten. Auf einer UKW- oder LW-Frequenz werden dann die Korrekturdaten den DGPS-Nutzern zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe dieser Daten kann ein Empfänger eine genauere Positionsbestimmung durchführen.

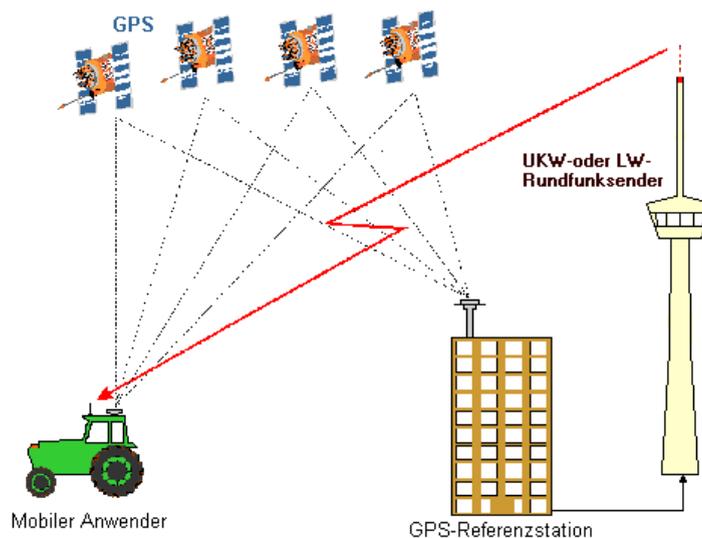


Bild 2.5: Navigationsbeschreibung DGPS

Kapitel 3

Systembeschreibung der DGPS-Empfänger

3.1 Systembeschreibung RASANT

3.1.1 Allgemein

Der Echtzeit-Positionierungs-Service (EPS) der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) ermöglicht durch Nutzung von Signalen des weltumspannenden Satellitennavigationssystems Global Positioning System (GPS) und Einsatz von GPS-Referenzstationen eine Positionsbestimmung mit Metergenauigkeit in Echtzeit. EPS wird u.a. durch die Verfahrenslösung RASANT realisiert, die zur Übertragung von Korrekturdaten das Radiodatensystem (RDS) von UKW-Rundfunknetzen benutzt. Hierbei werden normierte Korrekturdaten für DGPS-Anwendungen verdichtet und störungsresistent über RDS übertragen.

Als eine Realisierung des Echtzeit-Positionierungs-Service EPS soll die Verfahrenslösung RASANT (Radio Aided Satellite Navigation Technique) eingesetzt werden, die durch folgende Merkmale beschrieben werden kann:

RASANT ist ein Verfahren zur Bereitstellung von Real Time Differential GPS-Korrekturdaten (RTDGPS-Korrekturdaten). Diese werden von GPS-Referenzstationen erzeugt und über das Radio Daten System RDS von UKW-Rundfunksendern ausgestrahlt. Die Korrekturdaten können mit einer geeigneten Empfangseinrichtung im ganzen Sendegebiet von jedermann empfangen werden und ermöglichen einem RTDGPS-fähigen GPS-Empfänger oder kompakten Nutzerendgeräten die Positionsbestimmung mit einer Genauigkeit von 1 bis 3 Metern.

3.1.2 Radio Daten System (RDS)

Das Radio-Daten-System RDS ist ein Verfahren zur Übertragung von unhörbaren Zusatzinformationen im UKW-Rundfunk. Es wurde von der Union der Europäischen Rundfunkanstalten entwickelt und 1984 veröffentlicht. Seine Einführung in der ARD wurde 1986 beschlossen. Ab 1988 sind sämtliche UKW-Programme mit RDS ausgestattet worden. Seit 1992 ist RDS als Europäische Norm EN50067 anerkannt.

Die Datenübertragung mit RDS erfolgt in 16 verschiedenen Datengruppen, denen unterschiedliche fachliche Inhalte zugewiesen sind. Eine RDS-Gruppe umfaßt 104 Bits, von denen 27 Bits für die Identifikation von Programm, Programmtyp, Verkehrsfunk und Gruppentyp genutzt werden und von denen weitere 40 Bits

durch Prüfworte belegt sind. Die verbleibenden 37 Bits stehen zur Übertragung von Nutzerinformationen zur Verfügung. Sie werden zum Teil für kommerzielle Datendienste verwendet. Pro Sekunde werden 11,4 Datengruppen und damit etwa 420 Bits an Nutzlast übertragen. Der Wiederholrhythmus der unterschiedlich belegten Gruppentypen ist flexibel, damit jederzeit wichtige Datengruppen vorrangig übertragen werden können. DGPS-Korrekturen der Verfahrenslösung RASANT werden in einer spezifizierten RDS-Gruppe "Open DGPS" übermittelt.

3.1.3 Verfahrenslösung RASANT

Durch die Verfahrenslösung RASANT wird eine RDS-Übermittlung von DGPS-Korrekturdaten gegenüber dem standardisierten RTCM-Format in erheblich verkürzter Zeit und zugleich unanfällig (robust) gegen Störungen und kurzzeitigen UKW-Empfangsverlust erreicht.

Konzeptionell besteht RASANT aus den beiden Softwarekomponenten

- RASREF für den Betrieb auf der Referenzstation und
- RASMOBIL für den Einsatz in einer stationären oder mobilen Empfangseinheit (Rover).

Auf der Referenzstation werden die standardisierten RTCM-Botschaften des DGPS-Referenzempfängers firmenunabhängig durch die Programmkomponente RASREF in RASANT-spezifische Formate, die sogenannten Varianten (Variants), umgesetzt. Die Inhalte werden dabei nicht deckungsgleich abgebildet, sondern einzelne Informationen werden in geringerer Häufigkeit oder mit platzsparender Formatierung an den RDS-Coder abgegeben. Die Varianten werden in Abhängigkeit von der Taktfrequenz der rundfunkseitig bereitgestellten RDS-Gruppen übertragen. Durch das Programm RASMOBIL wird die Information an der Empfangseinheit aus dem RDS-Datenstrom ausgelesen, das standardisierte RTCM-Format wird rekonstruiert und für einen DGPS-Empfänger an einer Schnittstelle bereitgestellt.

Würden die Korrekturdaten im zusammenhängenden Originalformat RTCM übertragen, so müssten die in Wörter aufgeteilten RTCM-Botschaften in aufeinanderfolgenden RDS-Gruppen des gleichen Types abgelegt und ohne Verlust übermittelt werden. Ein durch UKW-Empfangsstörung hervorgerufener Ausfall nur einer einzelnen RDS-Gruppe würde beim mobilen Nutzer zum Verlust der vollständigen RTCM-Botschaft führen und damit den Verlust aller in diesem Datensatz enthaltenen Informationen bedingen. Bis zum vollständigen Empfang der nächsten korrekt übertragenen RTCM-Botschaft müssten veraltete und damit ungenaue Korrekturwerte für die Positionierung genutzt werden. Ein derartiger Zeitverzug bei der Datenübertragung zeitabhängiger Korrekturwerte stellt das gesamte Verfahren in Frage. Die hieraus berechneten Verbesserungen der Pseudostrecken und die daraus abgeleiteten Empfängerpositionen sind mit umso größeren Fehlern behaftet, je größer der Zeitverzug wird.

Vorteile des Verfahrens RASANT bei der RDS-Korrekturdatenübertragung:
Bei gleicher Übertragungsfrequenz (1 RDS-Gruppe/Sekunde) kann RASANT die Übertragungsdauer für die benötigten Korrekturdaten von 9 Satelliten auf rd. 9 Sekunden verkürzen, wobei das durchschnittliche Korrekturdatenalter ca. 5 Sekunden beträgt. Gleichzeitig wird die Übertragungssicherheit enorm gesteigert. RASANT erreicht diese Vorteile durch folgende Maßnahmen:

1. eine Aufspaltung des kohärenten RTCM-Formates durch die Bildung von selbständigen Datenpaketen für jeden einzelnen Satelliten (Autarkisierung, Satellite Self-Sufficiency)
2. eine Reduzierung der zu übertragenden Datenmenge (Integer Timing Management)
3. eine ständige Aktualisierung der Korrekturdaten der einzelnen Satelliten (Accelerated Satellite Listing)
4. eine Prioritätssteuerung, die denjenigen Satelliten bevorzugt, dessen Korrekturdaten am ehesten die Positionierung verbessert (Satellite Priority Control).

3.1.4 Ausstrahlungsgebiet RASANT

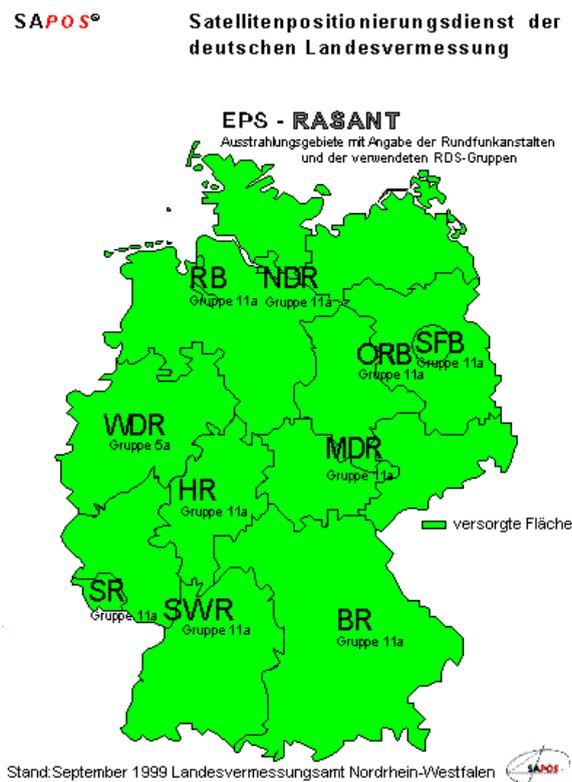


Bild 3.1: Ausstrahlungsgebiet RASANT

3.1.5 Sender und Frequenzübersicht

In Tabelle 3.2 werden die Sender aufgelistet, die über RDS die RTCM-Korrekturdaten zur Verfügung stellen. Tests haben ergeben, daß pro 250 km Entfernung von der Referenzstation die Positiongenauigkeit um ca. 1 Meter abnimmt. Aus diesem Grund werden nur die Sender aufgezeigt, die sich in näherer Umgebung von Offenburg befinden.

Programm	Sender	Frequenz in MHz
SWR 3	Baden-Baden	94,1
SWR 3	Brandenkopf	99,7
SWR 3	Feldberg/Schwarzwald	93,8
SWR 3	Freiburg	99,2
SWR 3	Hornisgrinde	98,4
SWR 3	Schramberg	91,2

Tabelle 3.2: Frequenzübersicht

3.2 Systembeschreibung ALF

3.2.1 Allgemein

Accurate Positioning by Low Frequency - steht als Synonym für einen Dienst zur bundesweiten Aussendung von DGPS-Korrekturdaten über Langwelle 123,7 kHz. Es ist das Ergebnis von DGPS-Aktivitäten im Real Time Mode, die im Jahr 1993 im IfAG (seit August 1997 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) begonnen wurden. Seit Ende 1996 erfolgt die kontinuierliche Aussendung der DGPS-Korrekturdaten.

Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie ist für die Bereitstellung und Kontrolle der Korrekturdaten zuständig. Die Deutsche Telekom AG stellt den Langwellensender in Mainflingen zur Verfügung und ist verantwortlich für eine moderne, betriebssichere Sende- und Empfangstechnik (u. a. Entwicklungen zur Realisierung von RDS auf Langwelle, einer speziellen Phasenmodulation und leistungsstarker Langwellenempfänger).

Die Langwelle, ein immer noch aktueller Frequenzbereich, zeichnet sich insbesondere durch hohe Reichweiten ohne topographische Abschattungsprobleme aus. Bekannt ist Langwelle u.a. durch das populäre DCF-77-Zeitsignal, das der Steuerung von Funkuhren dient. Bei „ALF“ werden die Korrekturdaten ständig neu berechnet und alle drei Sekunden wird ein vollständiger Korrekturdatensatz ausgesendet.

3.2.2 LW-Sender in Mainflingen

Die Referenzstation in Mainflingen basiert auf 2 GPS-Empfängern TRIMBLE 4000 SSI und TRIMBLE 4000 SSE. Ihre Antennen befinden sich auf dem Turm der Sendestation. Sie sind beide in Betrieb und durch die Steuerungssoftware, die das Zusammenspiel zwischen Referenz- und Monitorstation regelt, werden die Korrekturdaten von einem der beiden GPS-Empfänger abgerufen. Die vom GPS-Empfänger gelieferten Korrekturdaten werden über einen Computer der Sendetechnik (Coder, Sender) zugeführt und ausgestrahlt.

3.2.3 Monitorstation in Potsdam

Die Monitorstation in Potsdam ist mit 2 GPS-Empfängern Ashtech Z12 ausgerüstet. Ein bzw. zwei Langwellenempfänger liefern die DGPS-Korrekturdaten. Die vom GPS-Empfänger berechneten Positionswerte werden ständig mit der Sollposition verglichen. Die Abweichungen von der Sollposition sind direkt am Monitor eines Computers ablesbar. Farbsignale informieren über die Empfangsqualität (LW) und über die Genauigkeit der DGPS-Messungen. Erreicht die Abweichung die 5-Meter-Schwelle mehrfach, ist die Signalfarbe "Gelb", wird die 5-Meter-Schwelle mehrfach hintereinander überschritten, ist sie "Rot". Bei Fehlergrößen unter diesen Schwellenwerten ist die Signalfarbe "Grün". Eine umfangreiche Software steuert das Zusammenspiel von Referenz- und Monitorstation. Sie erlaubt, das gesamte System von Potsdam aus zu überwachen und gegebenenfalls auch Korrekturdaten über eine Standleitung abzurufen.

Die Monitorstation trifft im Real-Time-Betrieb eine Aussage über die Güte der empfangenen Korrekturdaten. Diese Information wird nach Mainflingen übermittelt und zusammen mit den eigentlichen Korrekturdaten ausgestrahlt.

3.2.4 Vorteile der LW-Nutzung

- sie überdeckt ein Gebiet, das größer als die Bundesrepublik Deutschland ist
- die Bodenwellen haben eine Reichweite zwischen 600 km und 800 km
- Abschattungen sind im Vergleich zu UKW gering,
- der Langwellenempfänger ist in den GPS-Empfänger integrierbar,
- moderne Übertragungs- und Modulationsverfahren liefern gute Empfangsqualität und sichern hohe Betriebszuverlässigkeit.

3.2.5 Ausstrahlungsgebiet ALF



Bild 3.3: Ausstrahlungsgebiet ALF

Kapitel 4

Beschreibung der RTCM-Daten

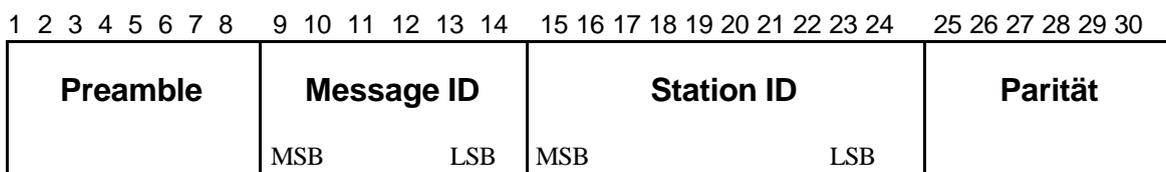
Auf Veranlassung durch das US Institut of Navigation hat die Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) seit dem Jahre 1983 Empfehlungen für die Formate von DGPS-Korrekturdaten erarbeitet. Hierzu wurde eine Arbeitsgruppe (Special Committee No. 104) gegründet, die die empfohlenen Standards im Jahre 1990 in der Version 2.0 veröffentlicht hat. Seit 1994 ist die fortgeschrittene Version 2.1 bekannt, die zusätzlich zu der Pseudorange Correction (PRC) der Version 2.0 Formatbeschreibungen für hochgenaue Positionsbestimmungen mit Zentimetergenauigkeit in Echtzeit enthält.

Das aktuelle Format RTCM SC-104 Version 2.1 enthält maximal 63 verschiedene Typen von sogenannten Botschaften (Message Types), von denen derzeit 26 belegt sind. Neben einigen reservierten und vorläufig belegten sind 8 Botschaften inhaltlich festgeschrieben. Jede Botschaft beginnt mit einem Startsignal, dem sogenannten Header.

Der fachliche Inhalt jeder Botschaft wird nach einem definierten Algorithmus auf eine variable Anzahl von Wörtern zu je 30 Bits verteilt.

Das erste und das zweite Wort enthält Informationen über die Referenzstation, über die Referenzzeit und Informationen, die vom Benutzer zur Synchronisation benötigt werden.

Der Aufbau dieser zwei Wörter wird in Bild 4.1 dargestellt.



1. Wort jeder Nachricht



2. Wort jeder Nachricht

Das erste Wort beginnt mit einer 8-bit langen Einleitung (Preamble). Danach folgt die eigentliche „Message Type“, von der bis heute 26 von 64 möglichen Typen vorläufig oder endgültig definiert sind.

Die festgeschriebenen Botschaften zur Übertragung von differentiellen GPS-Korrekturen im standardisierten RTCM-Format beinhalten im einzelnen:

Message Type 1 Differential GPS Corrections

enthält die aktuellen Korrekturwerte für die Pseudostrecken zu den Satelliten (Pseudorange Correction PRC). Daneben enthält die Botschaft eine Tendaussage über die kurzzeitige Änderung dieser Pseudostreckenverbesserung (Range Rate Correction RRC).

Message Type 2 Delta Differential GPS Corrections

beinhaltet Korrekturdaten, die sich aufgrund neuer Satellitenbahndaten ergeben.

Message Type 3 Reference Station Parameters

übermittelt die Koordinaten des Referenzpunktes.

Message Type 5 Constellation Health

von der Referenzstation ermittelte Zustandsdaten der Satelliten.

Message Type 6 Null Frame

enthält nur Headerdaten, aber keine Parameter.

Message Type 7 Radio Beacon Almanac

liefert Angaben über das Netz der DGPS-Sender. Sie sollen dem Nutzer eine gezielte Auswahl von Stationen erlauben.

Message Type 9 Partial Satellite Set Differential Corrections

liefert Korrekturwerte für eine Teilmenge von Satelliten und dient dem gleichen Zweck wie Message Type 1.

Message Type 16 Special Message

enthält beliebigen Text im ASCII-Code.

Diese 8 Botschaften des RTCM-Formates Version 2.1 ermöglichen die Positionierung mit einer Genauigkeit von 1-5 Metern. Sie waren auch in der früheren Version 2.0 enthalten.

Die Station ID ist beliebig und wird vom Referenzstations-Anbieter eingestellt.

Die Version 2.1 hat die Bedeutung der drei „Reference Station Health Bits“ neu definiert. Dabei gibt es einen 3 Bit Code, der acht verschiedene Zustände der Reference Station Health beschreiben kann. Folgende Informationen über den Status der Referenzstation werden in der nachfolgenden Tabelle 4.2 dargestellt.

Code	Beschreibung
111	Referenzstation arbeitet nicht
110	Übertragung ist nicht überwacht
101	beschrieben durch den Anbieter
100 bis 000	beschrieben durch den Anbieter

Tabelle 4.2: Beschreibung der Station Health

Da zwischen den Versionen 2.0 und 2.1 Änderungen erfolgt sind, ist es allerdings richtiger, in Verbindung hiermit die Bezeichnung „RTCM SC 104 Version 2.1 (Messages 1-16)“ zu benutzen.

Das standardisierte Format RTCM SC 104 Version 2.1 (Messages 1-16) wird von fast allen GPS-Empfängern und von zahlreichen Anbietern von DGPS-Diensten unterstützt.

Kapitel 5

Beschreibung / Bedienung der DGPS-Empfänger

5.1 (Ertec)-RASANT

5.1.1 Allgemein

Das Evaluation Kit RDS66ME dient zur Inbetriebnahme und zum Test des RDS/RASANT UKW-Empfängers RDS66M. Mit diesem Kit kann der Empfänger RDS66M mit Spannung versorgt und über die RS232C Serviceschnittstelle bedient werden. An der Datenschnittstelle stehen die Korrekturdaten im RTCM-Format zur Verfügung.

Ein 16-Bit Mikrocontroller übernimmt die RDS-Dekodierung, die Fehlerkorrektur und die Dekomprimierung der übertragenen RTCM-Daten. Gleichzeitig überwacht der Controller die Qualität des empfangenen RDS-Signals und sucht gegebenenfalls einen besser empfangbaren UKW-Sender (parametrierbar).

In Abbildung 5.1 wird das Evaluation Kit dargestellt :

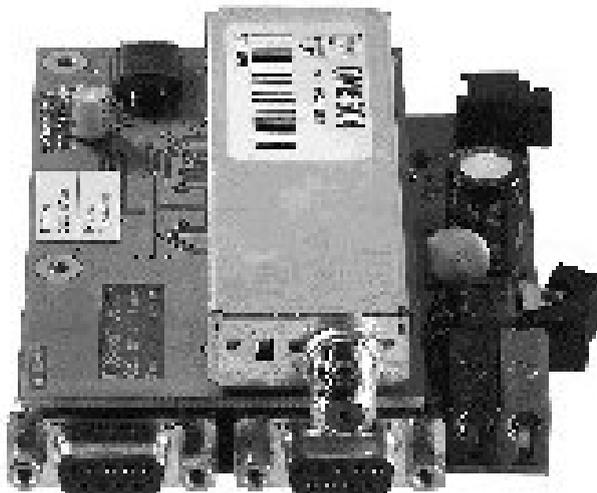


Bild 5.1 : RDS66 ME Evaluation Kit

5.1.2 Servicesoftware

Damit man den UKW-Empfänger testen und bedienen kann, verwendet man die Servicesoftware RDS66M.EXE. Bevor man das Programm startet, muß der Empfänger mit dem PC über die serielle Schnittstelle verbunden und eingeschalten

sein. Nach dem Programmstart erscheint ein radioähnliches Fenster auf dem Bildschirm.

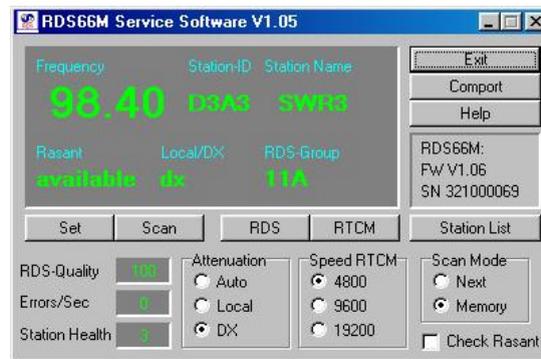


Bild 5.2: RDS66M Service Software

In dem Fenster erscheint neben der aktuellen Empfangsfrequenz der Sendername und die Stationsnummer. Darunter werden weiterhin angezeigt, ob RASANT Daten verfügbar sind oder nicht (available), die momentane Eingangsdämpfung(local/DX) und die empfangene RDS Gruppe(5A oder 11A).

Nach dem Start der Software kann es ca. eine Minute dauern, bis im Feld „Station Health“ eine „3“ erscheint, da sich der Empfänger erst noch synchronisieren muß. Steht für längere Zeit eine „7“ in diesem Feld, so bedeutet dies, dass die Referenzstation momentan ausgefallen ist. Im Feld „Attenuation“ braucht man die voreingestellte Dämpfung nicht ändern und die Speed RTCM sollte man auf 9600 erhöhen, wenn der verwendete GPS-Empfänger nur diese Geschwindigkeit verarbeiten kann.

Damit man nicht bei jedem Start der Software die Senderfrequenz neu eingeben muß, kann man unter dem Button „Station List“ einen oder mehrere Sender eingeben.

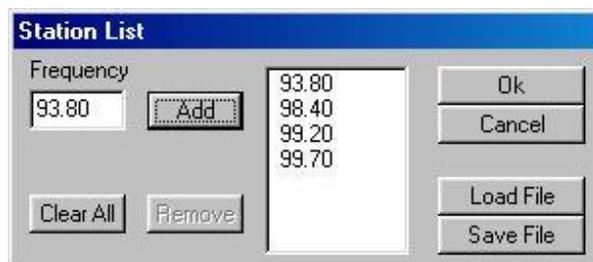


Bild 5.3: Station List

Das Programm übernimmt somit die Frequenz mit der besten Empfangsqualität, die in der „Station List“ aufgeführt ist. Wichtig dabei ist, dass das Kästchen „Check Rasant“ nicht aktiviert ist. Diese RASANT Überwachung ist für einen automatischen Sendersuchlauf vorgesehen, wenn entweder eine bestimmte RDS-Qualität unterschritten wird, oder über einen bestimmten Zeitraum keine RASANT Daten empfangen werden.

5.2.1 Beschreibung der einzelnen Empfängerfunktionen

Wie im Kapitel 3.2.3 beschrieben wurde, wird über den Langwellensender in Mainflingen Gütedaten übermittelt, die eine Einstufung der DGPS-Korrekturdaten zulassen. Mit Hilfe der Ampel-LED's (rot, gelb, grün) am Empfänger wird die Genauigkeitsklasse angezeigt. Die Tabelle 5.6 zeigt die Bedeutung der drei Ampel-LED's :

LED	Funktion
Grün	Genauigkeit < 5m gewährleistet
Gelb	Genauigkeit > 5m
Rot	Keine Gewährleistung für Genauigkeit

Tabelle 5.6: Bedeutung der Ampel-LED's

Wenn keine der drei LED's leuchtet, so ist die Monitorstation nicht in Betrieb. Dies bedeutet jedoch nicht, daß keine RTCM-Daten übermittelt werden. Es erfolgt nur keine Überwachung der Genauigkeitsklassen.

Die Anzeige der grünen Daten-LED dient zur Beurteilung der Empfangsqualität des LW-Signals. In der folgenden Tabelle 5.7 wird die Bedeutung des Verhaltens der Daten-LED näher erläutert :

Daten-LED	
...Leuchtet dauernd	RDS-Daten in Ordnung, störungsfreier Empfang
... flackert	Empfang gestört, Empfänger muß sich ständig neu synchronisieren
... leuchtet nicht	Kein Empfang, keine gültigen RDS-Daten

Tabelle 5.7: Bedeutung der Daten-LED

5.2.2 Konfiguration der seriellen Schnittstelle und Anschlußbelegung der 12 poligen Stiftleiste

Mit Hilfe von drei Jumpers (JMP1, JMP2, JMP3) wird die Datenrate und die Parität der seriellen Schnittstelle konfiguriert. Die Abbildung 5.8 zeigt die Lage der Jumper:

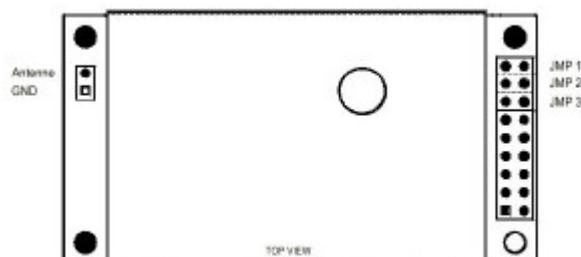


Bild 5.8: Draufsicht des ALF-Empfängers

Jumper 1 muß gesetzt werden, damit man eine Datenrate von 9600 bps erhält. Im Laborversuch wurden die Jumper 2 und 3 nicht gesetzt, das zur Folge hatte, daß keine Parität verwendet wurde.

In folgenden Bild 5.9 wird die Anschlußbelegung der einzelnen Pins an der Stiftleiste verdeutlicht:

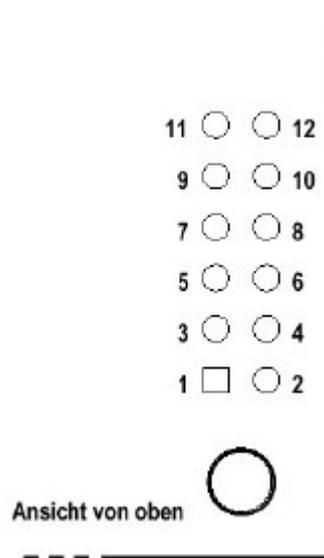


Bild 5.9: Pinbelegung ALF

In der Tabelle 5.10 wird die Funktion der einzelnen Pins erklärt:

Pin Nr.	Funktion
1	Betriebsspannung +UB (9V ... 15V)
2	GND
3	LED Daten
4	LED „+UB“
5	Datenrate, entspr. JMP1
6	GND
7	LED Ampel rot
8	LED Ampel grün
9	Datenausgang TxD (TTL-Pegel)
10	LED Ampel gelb
11	Parität, entspr. JMP3
12	Parität, entspr. JMP2

Tabelle 5.10: Bedeutung der Pinbelegung

Kapitel 6

Meßaufbau

6.1 Blockschaltbild

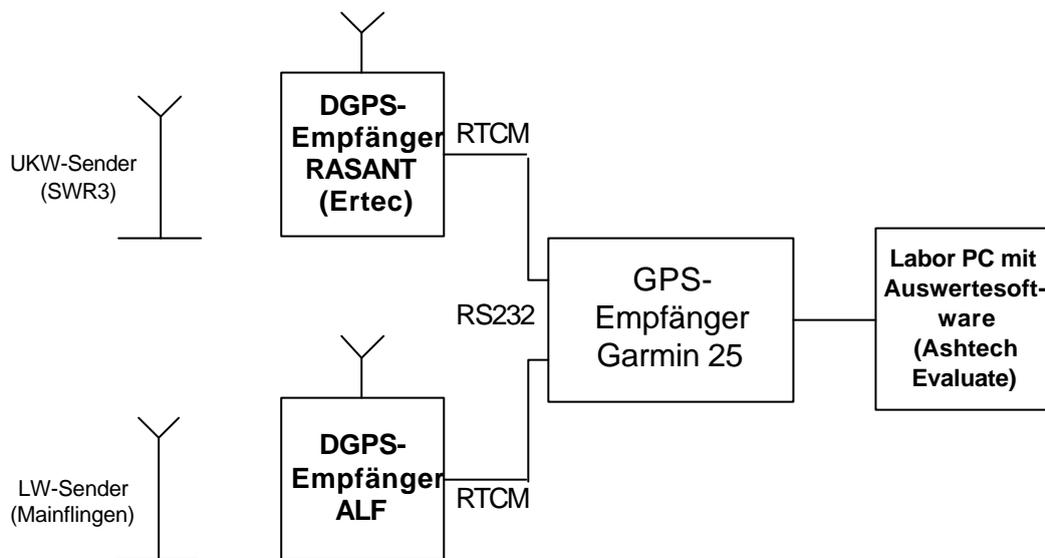


Bild 6.1: Blockschaltbild

Der Meßaufbau besteht aus einem DGPS-Empfänger, wobei im Blockschaltbild beide DGPS-Systeme integriert sind, dem GPS-Empfänger Garmin 25 und einem Labor-PC mit der Auswertesoftware Evaluation von der Firma Ashtech. Der DGPS-Empfänger erhält die Korrekturdaten, wie im Kapitel 3 schon beschrieben, über LW bzw. UKW. Diese RTCM-Daten werden über eine serielle Schnittstelle dem Garmin 25 zur Verfügung gestellt. Ebenfalls über eine serielle Schnittstelle verbunden sind der GPS-Empfänger und der Labor-PC. Mit Hilfe der Software kann man die NMEA-Daten des GPS-Empfängers auf dem PC darstellen lassen.

6.2 Vergleich der Genauigkeiten der beiden DGPS-Empfänger

Durch das Verwenden eines DGPS-Empfängers bzw. durch die RTCM-Korrekturdaten in Verbindung mit einem GPS-Empfänger, werden Genauigkeiten im Meterbereich erreicht. Diese Genauigkeitsverbesserung im Vergleich zum normalen GPS-Betrieb ohne Korrektur kann man mit Hilfe einer geeigneten Software aufzeigen. Im Laborbetrieb hat sich die Evaluation-Software von Ashtech bewährt, mit der sich diese Verbesserung gut darstellen läßt.

Im Versuchsaufbau für die Genauigkeitsmessungen wird der Garmin 25 benutzt, dessen Peripherie ebenfalls im Rahmen einer Studienarbeit entstanden ist.

6.2.1 Evaluation-Software

Im folgenden Abschnitt wird die Inbetriebnahme der Software erklärt. Nach dem ersten Start erscheint ein „Start Up“ Menü-Fenster, in dem man das Feld „Connect to GPS Receiver“ zu aktivieren ist. Danach kann man die einzelnen „Connections Parameter“ einstellen, die man zum ordentlichen Betrieb braucht. Zum einen muß der richtige Comport ausgewählt sein und zum anderen muß das Kästchen „Manual Connect“ abgehakt sein.

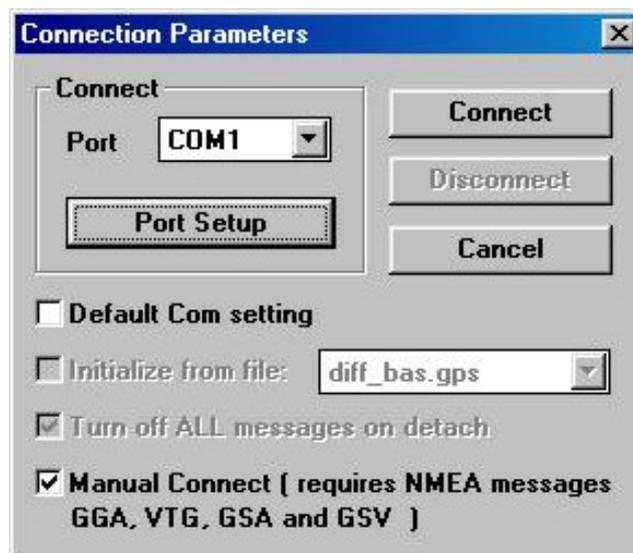


Bild 6.2: Einstellen der Connection Parameter

Unter „Port Setup“ werden die einzelnen Parameter für den Comport eingestellt. Die Baudrate muß je nach GPS-Empfänger auf 9600 oder 4800 gewählt werden. Beim Ashtech muß eine Baudrate von 9600 eingestellt werden, da er die RTCM-Daten über seine Serielleschnittstelle mit dieser Geschwindigkeit einliest. Beim Garmin hingegen ist es jedoch egal welche Baudrate man verwendet. Desweiteren müssen 8 Datenbits, keine Parität und 1 Stopbit verwendet werden.

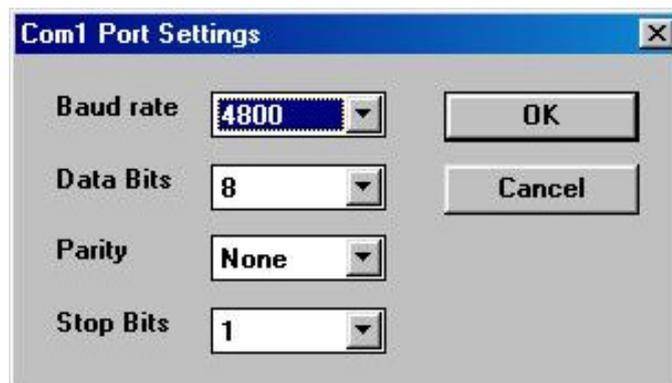


Bild 6.3: Konfiguration des Comports

Nach dem diese Voreinstellungen eingestellt wurden, kann man die Software mit dem GPS-Empfänger verbinden (connect). Das eigentliche Fenster der Software erscheint, in dem man nun sämtliche Informationen über die Pulldown-Menüs aufrufen kann. Unter anderem kann man sich unter dem Menüpunkt „GPS“ → „Terminal“ die ankommenden NMEA-Daten des GPS-Empfängers anschauen, das gleichzeitig als Kontrolle für einen bestehenden Datenstrom ist.

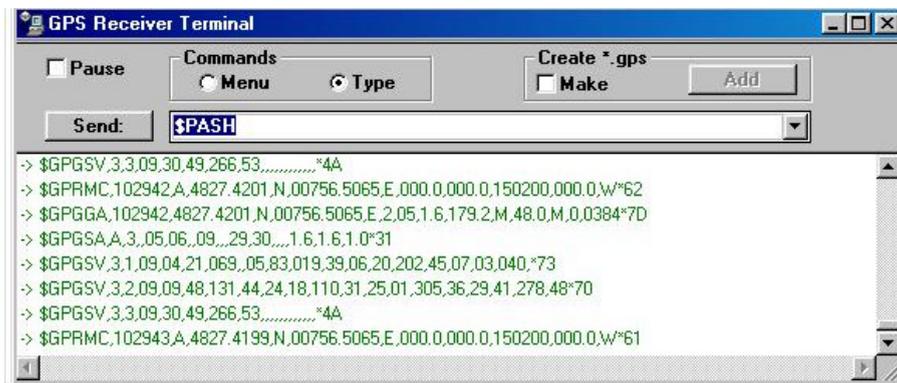


Bild 6.4: Terminal Fenster

Unter dem Menüpunkt „View“ → „Skychart“ werden nun die sichtbaren Satelliten dargestellt, die der Empfänger bzw. die Antenne sieht. Es besteht jedoch ein Unterschied zwischen sichtbaren und verwendeten Satelliten. Nicht alle Satelliten die der Empfänger sieht werden auch verwendet. Dies ist abhängig vom Rauschabstand (Signal to Noise Ratio) und von der Elevation. Unterschreitet der Winkel der Elevation einen bestimmten Wert, den man über die Software an den Empfänger festlegen kann, so wird dieser Satellit ebenfalls nicht verwendet. Im folgenden Bild x.x wird der Skychart dargestellt.

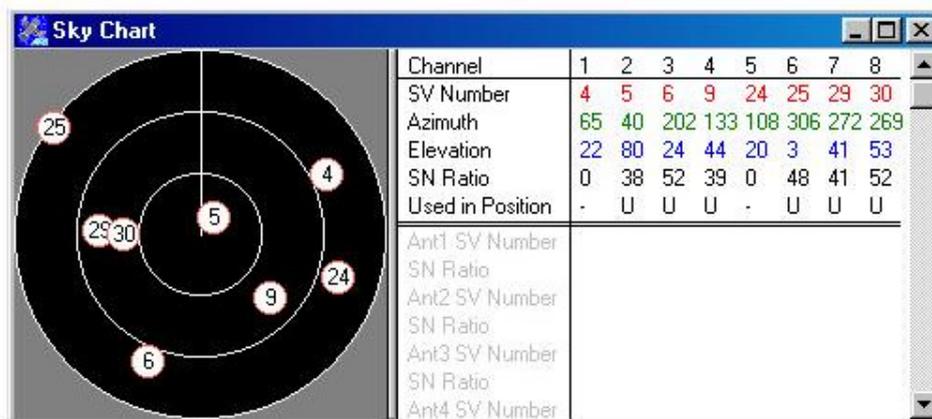


Bild 6.5: Skychart mit verwendeten und nichtverwendeten Satelliten

Die nichtverwendeten Satelliten werden durch einen Balken, die verwendeten durch ein „U“ unter „Used in Position“ markiert.

Damit man nun eine Analyse bzw. einen Vergleich zwischen zwei DGPS-Empfängern unter Verwendung des gleichen GPS-Empfängers (Garmin25) aufstellen kann, wird in der Evaluation-Software unter dem Menüpunkt „GPS“ → „Analysis“ aktiviert. In dem nun erscheinenden Fenster kann man den Innendurchmesser und den Außendurchmesser, sowie das äußerste Limit der Messung festlegen. Dies ist notwendig, damit man einen Anhaltspunkt für die Genauigkeit der Messung hat.

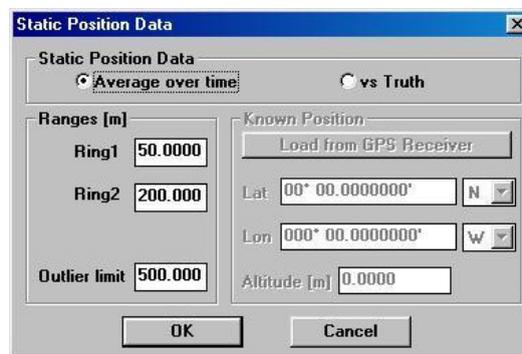


Bild 6.6: Einstellen des inneren und äußeren Ringes

6.2.2 Messungen mit und ohne DGPS

a) ohne DGPS

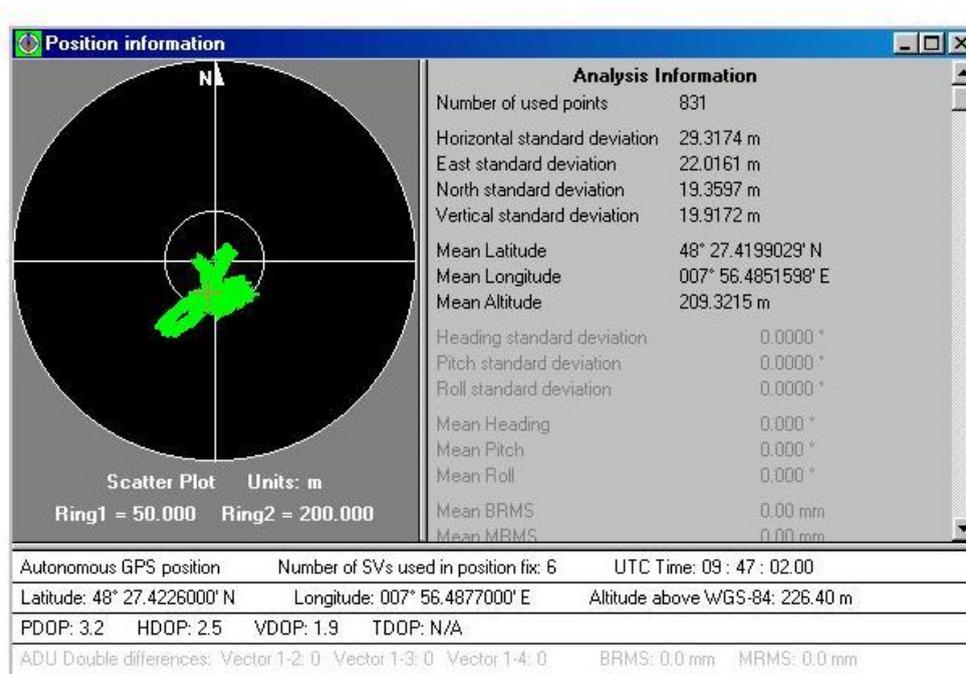


Bild 6.7: Messung ohne DGPS

b) mit RASANT

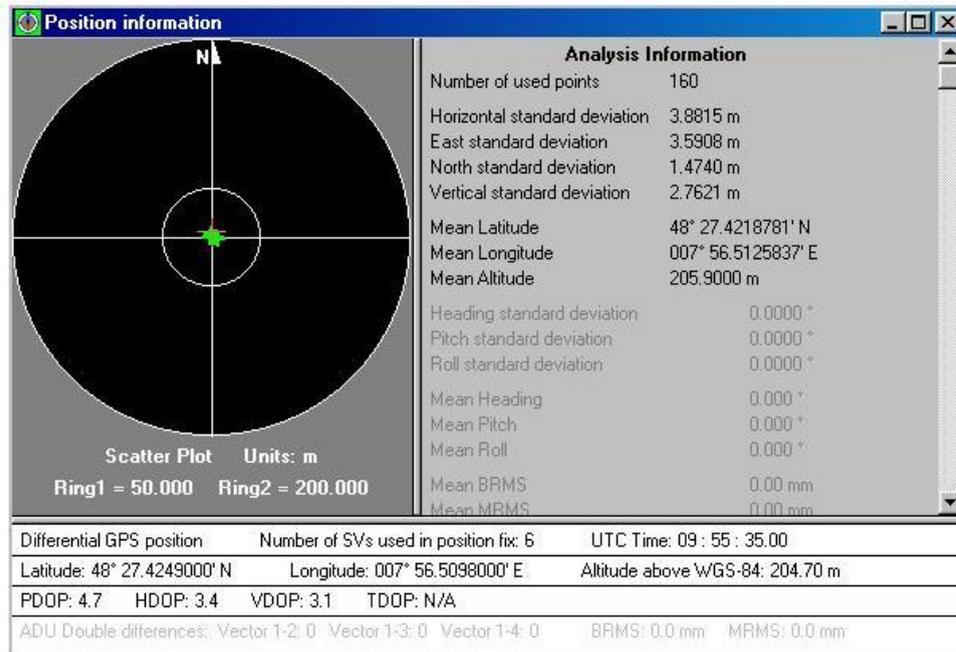


Bild 6.8: Messung mit RASANT

c) mit ALF

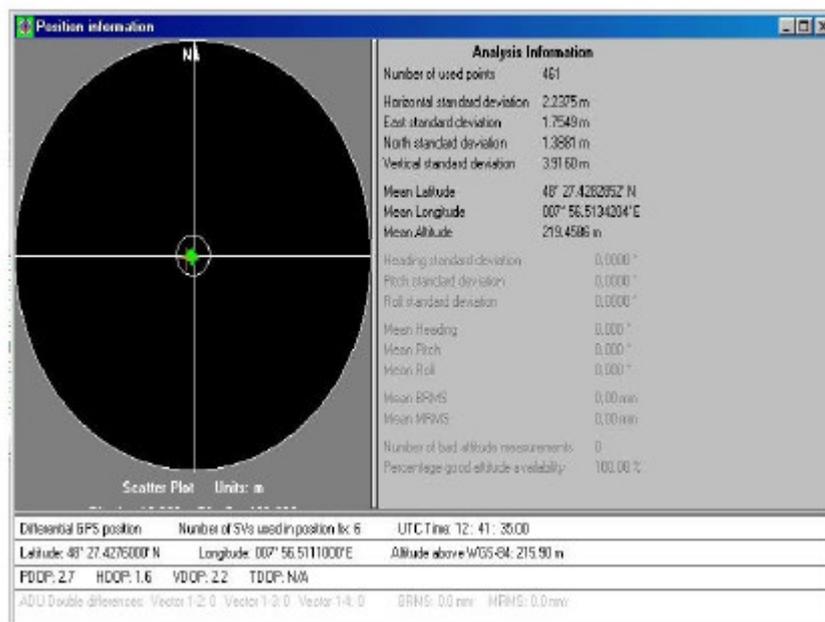


Bild 6.9: Messung mit ALF

In den oben gezeigten Bildern 6.7, 6.8 und 6.9 sieht man die einzelnen Informationen der Analysemessung. Unter dem Fadenkreuz sind nochmals die zuvor eingestellten Durchmesser der Ringe aufgeführt. Links davon wird die Anzahl der Messungen (Number of used points), die Standardabweichungen und die gemittelten Werte für Breitengrad, Längengrad und Höhe angezeigt. Im unteren Abschnitt des Fensters ist zu erkennen, daß sich der Empfänger im Differential- bzw. im Autonomemodus befindet (Differential GPS position bzw. Autonomous GPS position), die Anzahl der benutzten Satelliten und die aktuellen Werte der Breiten- und Längengrad und der Höhe.

6.2.3 Auswertung der Messung

Wenn man nun die Analysemessungen miteinander vergleicht, kann man sehr gut erkennen, daß die Genauigkeit mit einem verwendeten DGPS-Gerät sehr viel höher ist als ohne. Bei der Messung „ohne DGPS“ bewegen sich die einzelnen, gemessenen Punkte weit außerhalb des inneren Durchmessers (50 Meter). Bei der Messung „mit RASANT“ hingegen sammeln sich die einzelnen Meßpunkte in der Mitte des Fadenkreuzes, ohne groß davon abzuweichen. Man kann hier von einer Genauigkeit im einstelligen Meterbereich sprechen. Bei der Messung „mit ALF“ ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei der Messung b), nur dass man hier für den inneren Durchmesser 10 Meter und für den äußeren Durchmesser 100 Meter verwendet hat, damit man kleine Abweichungen besser erkennen konnte.

6.2.4 Verfügbarkeit der RTCM-Daten

Der Empfang der RTCM-Daten über UKW ist weitgehend unproblematisch. In zahlreichen Messungen gab es nur selten Ausfälle des RTCM-Datenempfangs, was aber nicht ein Problem des verwendeten RASANT-Empfängers war, sondern eher ein Ausfall der Sendestation.

Beim Empfang der RTCM-Daten über Langwelle können einige Schwierigkeiten auftreten. Wie in verschiedenen Messungen festgestellt wurde, kann man nicht an jedem Ort diese Daten empfangen. So treten in näherer Umgebung von PC's bzw. PC-Monitoren und auch innerhalb von Gebäuden Fehler beim Empfang auf, die sich durch ein ständiges Synchronisieren des ALF-Empfängers bemerkbar machen. Schaut man sich diesen fehlerhaften Empfang mit einer geeigneten RTCM-Software an, so werden auf dem Bildschirm „Q“ ausgegeben. Ein fehlerfreier Empfang von RTCM-Daten, der mit Hilfe der RTCM-Software „RTCMon“ ausgegeben werden kann, wird im folgenden Bild 6.10 dargestellt.

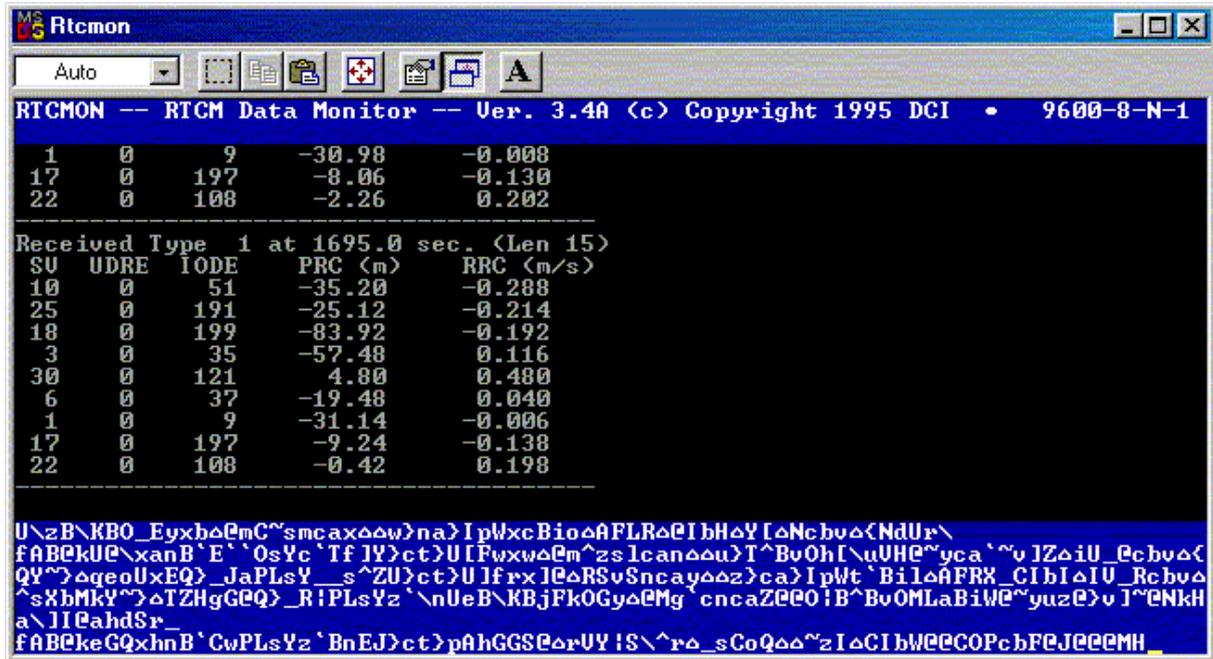


Bild 6.10 : RTCMon

Das Programm „RTCMon“ ist ein RTCM Daten Monitor, mit dem man sich die RTCM-Daten anzeigen lassen kann. Das Programm wird über einen Doppelklick auf das Symbol gestartet. Danach muß man die Baudrate des COM-Ports konfigurieren. Dies geschieht durch drücken der „F2-Taste“. Es erscheint ein kleines Fenster, in dem mehrere Baudraten zur Auswahl erscheinen. Man wählt die Baudrate aus, auf die der DGPS-Empfänger eingestellt ist und drückt anschließend die „Enter-Taste“. Danach muß man noch das Format der Empfangenen Daten auswählen. So z.B. „8 – N – 1“, was bedeutet, dass 8 Datenbits, keine Parität und 1 Stopbit übertragen werden. Danach drückt man noch einmal die „Enter-Taste“ und die zuvor eingestellten Parameter werden im Monitorfenster bestätigt : COM1 set to 9600 Baud 8 – N – 1. Mit Alt x kann man das Programm wieder verlassen.

Alles in allem kann man sagen, daß die RTCM-Daten über UKW zuverlässiger sind als über LW. Es hat nur den Nachteil, wenn man das UKW-Sendegebiet verläßt, muß man den RASANT-Empfänger auf eine neue Frequenz einstellen, auf der er wieder seine RTCM-Daten erhält. Bei einem LW-Empfänger kann man quer durch Deutschland reisen ohne ihn neu einstellen zu müssen.

Anhang

Technische Daten :

ALF :

- Empfangsfrequenz: 122,5 kHz
- Spannungsversorgung: 9...15 V
- Stromaufnahme: 50 mA
- Temperaturbereich: -10°C ... 55°C
- Datenrate: 1200, 4800 und 9600 bps
- Datenformat: RTCM SC 104 Version 2.0
- Maße: 65 x 36 x 18 mm
- Schnittstellen (Stiftleiste für)
 - Antennenbuchse
 - Spannungsversorgung
 - Serieller Ausgang TXD (TTL-Pegel)
 - LED-Daten
 - LED-Betrieb
 - Ampel-LED's

RASANT :

- Empfangsfrequenz: 87,5 – 108 MHz
- Spannungsversorgung: 9 – 36 VDC
- Leistungsaufnahme: < 0,5 W
- Datenrate: 9600 bps
- Datenformat: RTCM SC 104 Version 2.0
- Maße: 118 x 85 mm
- Schnittstellen:
 - 2 Bananenbuchsen (Spannungsversorgung)
 - 2 RS232C-Schnittstellen (Datenleitung)
 - Antennenbuchse
 - LED Power on
 - LED RTCM-Telegramm

Bilder:

RASANT :





Bezugsquellen und weitere Informationen :

<http://www.fmn.de/wzprod/dgps.html>

http://www.potsdam.ifag.de/potsdam/dgps/dgps_1.html

http://ikmcip1.e-technik.tu-ilmenau.de/~traut/gps_www/dgps_prz.htm

http://www.ct-gmbh.de/ct_lwl2.htm

<http://www.phytec.de/techtec/produkte/gps/dgps.htm>

http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg_1/schmitz_meth_gps/iwu-pap3.htm

http://www.phytec.de/techtec/info/was_dgps.htm

<http://www.ertec.com/rds66g.htm>

<http://gibs.leipzig.ifag.de/>

http://www.2wcom.com/support/alf_intro.htm