

Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Vergleichende Untersuchungen zur Lagegenauigkeit von Sonaraufnahmen im maritimen Bereich

Bachelorarbeit

im

**Studiengang Vermessungswesen
der Hochschule Neubrandenburg**

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. K. Foppe
Dipl. Ing. (FH) Constanze Engnath

vorgelegt von: Kornelia Brungs

URN: [urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0289-4](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0289-4)

Neubrandenburg, September 2009



Vergleichende Untersuchungen zur Lagegenauigkeit von Sonaraufnahmen im maritimen Bereich

Aufgabenstellung

Ein großer Aufgabebereich der Hydrographie ist die Ermittlung von Tiefen von Flüssen, Seen oder anderer Gewässern durch den Einsatz von Sonaraufnahmen.

Hier kommen unterschiedliche Aufnahmetechniken zum Einsatz, wie z.B. Einzelstrahlecholote, Fächerecholote oder Sidescan Sonar Geräte. Um den mittels Sonartechnik bestimmten Tiefen einen Lagebezug zu geben, werden die Sonargeräte zusätzlich mit einem – heutzutage in der Regel satellitengestützten – Positionierungssystem zum Multisensorsystem ausgebaut.

Die Kandidatin hat im Rahmen ihrer Bachelorarbeit die Aufgabe, von ihr praktisch durchgeführte Messungen auszuwerten und vergleichend zu untersuchen. In erster Linie gilt es, die erreichten Genauigkeiten der von ihr bestimmten Unterwasserpositionen zu ermitteln und zu bewerten. Dabei sind die mittels Hydrographischer Verfahren wie Fächerecholot und Sidescan Sonar gewonnenen Positionen sowohl untereinander als auch mit unabhängig direkt gemessenen Positionen zu vergleichen.

Neubrandenburg, 17. Juli 2009

Prof. Dr.-Ing. Karl Foppe

Selbständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form weder veröffentlicht, noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Neubrandenburg, 01.10.2009

Ort, Datum

Unterschrift

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist in Zusammenarbeit mit dem Geo Ingenieurservice Nord Ost entstanden. Mit diesen Worten möchte ich mich bei allen Beteiligten bedanken, die mich während meiner Bachelorarbeit unterstützt haben.

Ich danke Prof. Dr.-Ing. Karl Foppe und Dipl. Ing. Constanze Engnath für die fachliche Unterstützung und die Betreuung während der Arbeit.

Weiterführend möchte ich Dipl. Ing. Thomas Scheidl danken, der mich in vielen Bereichen tatkräftig unterstützt hat und mir bei allen Fragen und Problemen zur Seite stand.

Meiner Familie und meinem Freund gilt ein besonderer Dank, da mit ihrer moralischen und finanziellen Unterstützung dieses Studium und diese Bachelorarbeit überhaupt erst möglich waren.

Kurzfassung

In der Seevermessung bzw. Hydrographie werden beispielsweise Tiefen von Flüssen, Seen oder anderen Gewässern ermittelt. Dies geschieht mit Einzelstrahlecholoten, Fächerecholoten oder mit Sidescan Sonar Geräten. Der Lagebezug der gemessenen Tiefen wird mit einem Positionierungssystem realisiert.

Die Positionsangabe stützt sich dabei überwiegend auf das Globale Positionierungssystem. Zur Erhöhung der Genauigkeit der Lage, wird hierbei das Differenzielle Globale Positionierungssystem verwendet.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden die DGPS-Systeme Leica Ascos Trans und Trimble Long Range benutzt. Die Arbeit befasst sich mit der Lagegenauigkeit dieser beiden Systeme mit dem Fächercholot und dem Sidescan Sonar.

Dazu wurden Messobjekte gewählt, die sowohl oberhalb als auch unterhalb des Wassers eingemessen werden können.

Abstract

In the sea measurement or Hydrographie, depths of rivers, lakes or other watercourses are determined. This happens with single echo sounders, professional echo sounders or with Sidescan sonar. The reference to the position of the measured depths is realised with a positioning system.

The position information rests predominantly on the global positioning system. For the rise of the exactness of the situation, the Differential Global Positioning System is used.

In the course of these Bachelor's work the DGPS-systems Leica Ascos and Trimble Long Range were used. The work deals with the accuracy of these both systems with the professional echo sounder and the Sidescan sonar.

Measuring objects which can be measured above as well as below the water were chosen.

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	2
Selbständigkeitserklärung	3
Vorwort	4
Kurzfassung	5
Abstract	5
1. Einleitung	8
2. Geo Ingenieurservice	9
3. Hydrographische Vermessungen	10
3.1. Einstrahlecholot	10
3.2. Fächerecholot	10
3.3. Sidescan Sonar	11
4. Technik und Messgeräte	13
4.1. Boot „Sunder“	13
4.2. Boot „Multi Sounder“	13
4.3. Wasserschall	14
4.4. Bewegungssensor „Octans“	14
5. Positionierung	15
5.1. GPS - Global Positioning System	15
5.2. DGPS - Differential Global Positioning System	16
5.2.1. Leica - Ascot Trans	16
5.2.2. Trimble - Long Range	17
6. Einmessung - Dalben	19
7. Vorbereitung - Messung Multibeam und Sidescan Sonar	21
8. Messung - Multibeam	22
8.1. Planung	22
8.2. Geräteaufbau	23
8.3. Durchführung	24
8.4. Auswertung	24
8.5. Ergebnisse und Ergebnisbetrachtung	27
9. Messung - Sidescan Sonar	28
9.1. Planung	28
9.2. Geräteaufbau	28
9.2.1. Geschleppter Zustand	29

9.2.2. Starrer Zustand	29
9.3. Durchführung.....	29
9.4. Auswertung.....	30
9.5. Ergebnisse und Ergebnisbetrachtung	34
10. Zusammenfassung.....	38
Literaturverzeichnis.....	39
Abbildungsverzeichnis.....	40
Tabellenverzeichnis.....	41
Anhang	42

1. Einleitung

Gekenterte Schiffe, verlorengegangene Ladungen von Frachtern infolge von starkem Wellengang, abgerissene Ankerketten, aber auch die Suche von Personen. All dies und vieles mehr sind Objekte von großem Interesse. Diese aufzufinden, gilt als Aufgabe, der sich Geo Ingenieurservice stellt.

In zahlreichen Projekten wurde das Sidescan Sonar bereits erfolgreich eingesetzt. Geortete Objekte wurden nach der Positionsbestimmung geborgen oder als Gefahren, wie z. B. große Steine im Fahrbereich von Schiffen in Karten kenntlich gemacht.

Aber wie genau ist die Positionsangabe? Dies soll Ziel der Arbeit sein.

Hierzu wurden Objekte gewählt, die im Gewässerboden verankert sind und einige Meter aus dem Wasser herausragen. Für die Messung wurden Dalben, die in den Gewässerboden gerammt werden, ausgewählt. An ihnen können Schiffe anlegen. Die Dalben sind aus Stahl und somit bestens zur Untersuchung geeignet. Für Sidescan Sonar gilt, je härter das Material, desto heller die Reflektion und somit eine bessere Erkennung.

Der Vorteil bei den Messungen ist, dass durch GPS eine genaue Positionsbestimmung vorab durchgeführt werden kann. Diese dient dann zur Lagebestimmung der jeweiligen Messmethode.

2. Geo Ingenieurservice

Die Geo Ingenieurservice Group wurde 1997 gegründet und zählt heute zu den führenden Ingenieurbüros für See- und Ingenieurvermessung in Deutschland. Mit 9 Bürostandorten, unter anderem in Spanien und in Polen, und mehr als 70 Mitarbeitern werden Projekte im Ingenieur-, See- und Landvermessungsbereich durchgeführt.

Die Seevermessung befasst sich mit der Vermessung und Darstellung, wie der Bodenmorphologie, Bodenbeschaffenheit und Gestalt des Bodens von jeglichen Arten von Gewässern. Ergebnisse dieser Arbeiten sind Seekarten und georeferenzierte, digitale 3D-Geländemodelle. Als besondere Aufträge können in diesem Bereich die Überwachungsmessungen am Bau des Jade Weser Ports in Wilhelmshaven (2007-2010), Messungen beim Neubau des Schiffshebewerks in Niederfinow (2009), Untersuchungen der wasserseitigen Kabeltrasse zum Offshore Windpark „Baltic 1“ (2008) sowie derzeit die Nassbaggerarbeiten im Nördlichen Peenestrom, genannt werden.

Unter Ingenieurvermessung wird die angewandte Geodäsie verstanden, die sich mit präzisen Vermessungsarbeiten, in Zusammenhang mit Planung, Ausführung und Überwachung von Bauwerken oder Maschinenanlagen, sowie der Überwachung von natürlichen Objekten beschäftigt. Im Bereich der Ingenieurvermessung werden Projekte im Brücken-, Straßen- und Stahlbau sowie im Küstenschutz betreut. Insbesondere erfolgen Beweissicherungs- und Bauwerksprüfungsvermessungen, wie Setzungs-, Deformations-, Geometrie- und Massenkontrollen sowie Entwurfs- und Bestandvermessungen, wie Planung, Neubau, Sanierung und Dokumentation. Im Ingenieurvermessungsbereich sind als Referenzen die Betreuung der II. Strelasundquerung zu nennen, sowie die Betreuung der Bauarbeiten an der BAB A20.

Durch langjährige Erfahrungen und Kundenbeziehungen gibt es vielfältige Auftraggeber. Diese sind öffentliche Institutionen, Kommunen, Staatliche Ämter für Umwelt und Natur, Straßenbau-, Wasserschiffahrts- und Wasserwirtschaftsämter, Wasserschiffahrtssdirektionen, öffentliche und private Realisierungsgesellschaften, Ingenieurbüros, Baufirmen und Privatpersonen.

3. Hydrographische Vermessungen

Die Hydrographie befasst sich mit der Vermessung von Gewässern jeglicher Art. Hydrographie ist die „Wissenschaft und Praxis der Messung und Darstellung der Parameter, die notwendig sind, um die Beschaffenheit und Gestalt des Bodens der Gewässer, ihre Beziehung zum festen Land und den Zustand und die Dynamik der Gewässer zu beschreiben“. (Definition nach United Nations Economic and Social Council, 1978)

Die Hauptaufgabengebiete der Hydrographischen Vermessungen der See-, Küsten- und Binnengewässer ist die Tiefenmessung und die dazugehörige Positionsbestimmung. Sie ist eine wichtige Grundlage für Seekarten und Seehandbücher. Aber auch in vielen anderen Gebieten, wie Baumaßnahmen oder der Bauwerkssicherung, zur Sicherung des Schiffsverkehrs, Überwachung von Gewässern und Überwachungsmessungen für den Küstenschutz, für Ingenieuranwendungen (Windkraftanlagenbau, Brückenbau, Pipelinebau), zur Ressourcengewinnung aus dem Unterwasserbereich oder für Forschungszwecke ist die Hydrographie gefragt. (14)

Hydrographische Vermessungen umfassen auch den Einsatz von Sidescan Sonar-Geräten. Diese können zur Bodenanalyse, zur Wracksuche, zur Abklärung des Gewässerbodens, wie z. B. das Auffinden von großen Steinen, die eine Gefahr für Schiffe darstellen können, genutzt werden.

3.1. Einstrahlecholot

Linienaufnahmen (Singlebeam) werden mittels Echolot durchgeführt, das unter dem Messboot Einzelpunkte in kurzer Reihenfolge erfasst. Dazu wird ein Schallimpuls im Ultraschallbereich vom Echolot in Richtung des Gewässerbodens ausgesandt, die Schallwellen werden reflektiert und vom Schallwandler wieder empfangen. Aus der Laufzeit und der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles im Wasser, wird die Tiefe ermittelt.

Das DESO 15 kann bis zu Tiefen von 650 m messen und mit 2 Frequenzen arbeiten (30 kHz und 210 kHz). Dabei können die Genauigkeiten mit 30 kHz bei 10 cm und mit 210 kHz bei 1 cm liegen.

3.2. Fächerecholot

Fächerecholote (Multibeam) strahlen den Schall flächenförmig in vielen einzelnen stark gebündelten Schallstrahlen auf den Gewässergrund und empfangen aus der gleichen Richtung die Echos. Der zu erfassende

Bodenstreifen ergibt sich aus dem seitlichen Abstrahlwinkel und der Wassertiefe.

Mit dem Multibeam Seabat 7101 werden in einem Abstrahlwinkel von 150° bis zu 101 Messstrahlen mit einer Aufdatierungsrate von 40 pings pro Sekunde aufgenommen. Damit kann eine Überdeckung des Gewässerbodens vom etwa 7,4-fachen der Wassertiefe erreicht werden.

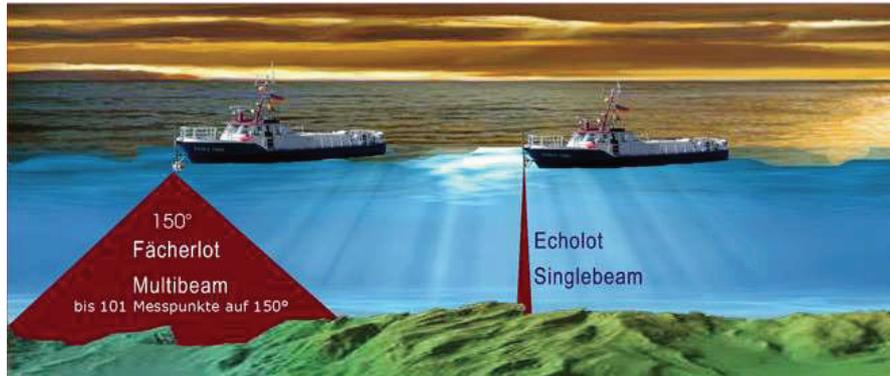


Abbildung 1: Vergleich Fächerlot - Einstrahlecholot

3.3. Sidescan Sonar

Die derzeit höchste Auflösung für Echolotdarstellungen wird durch das Sidescan Sonar erreicht. Das eigentliche Messgerät wird als „Fish“ bezeichnet. An diesem sind rechts und links zwei Transducer, elektrische Wandler für Sende- und Empfangsbetrieb, angebracht. Die Bezeichnung „Fish“ erhält er, aufgrund seines stromlinienförmigen Verhaltens im Wasser in geschlepptem Zustand.

Mithilfe von schmalen Strahlen akustischer Energie (Beams), wird der Gewässerboden abgetastet. Der Ton wird vom Gewässerboden und Objekten reflektiert und vom „Fish“ wieder aufgenommen

Während der Messung wird der komplette mögliche Bereich erfasst (zur Verdeutlichung siehe Abbildung 2). Die Besonderheit ist, dass durch Schattenbildung ein annähernd räumliches Bild erzeugt wird. Aufgrund der Transducer und ihrer seitlichen, flächenförmigen Ausstrahlung von Signalen werden unterhalb des Gerätes keine Daten erfasst. Darum muss für eine 100%-ige Überdeckung ein gewisser Überlappungsbereich gefahren werden.

Das System 3900 der Firma L3 Communications Klein Associates, Inc. ist ein extrem hochauflösendes digitales Sonargerät. Das Zweifrequenzsystem ermöglicht den Einsatz mit 445 kHz bei einer seitlichen Reichweite von max. 150 m und die höher auflösende 900 kHz Frequenz bei einer Reichweite von max. 50 m. Das Gerät ist zusätzlich mit einem Roll, Stampf und Gier Sensor ausgestattet.

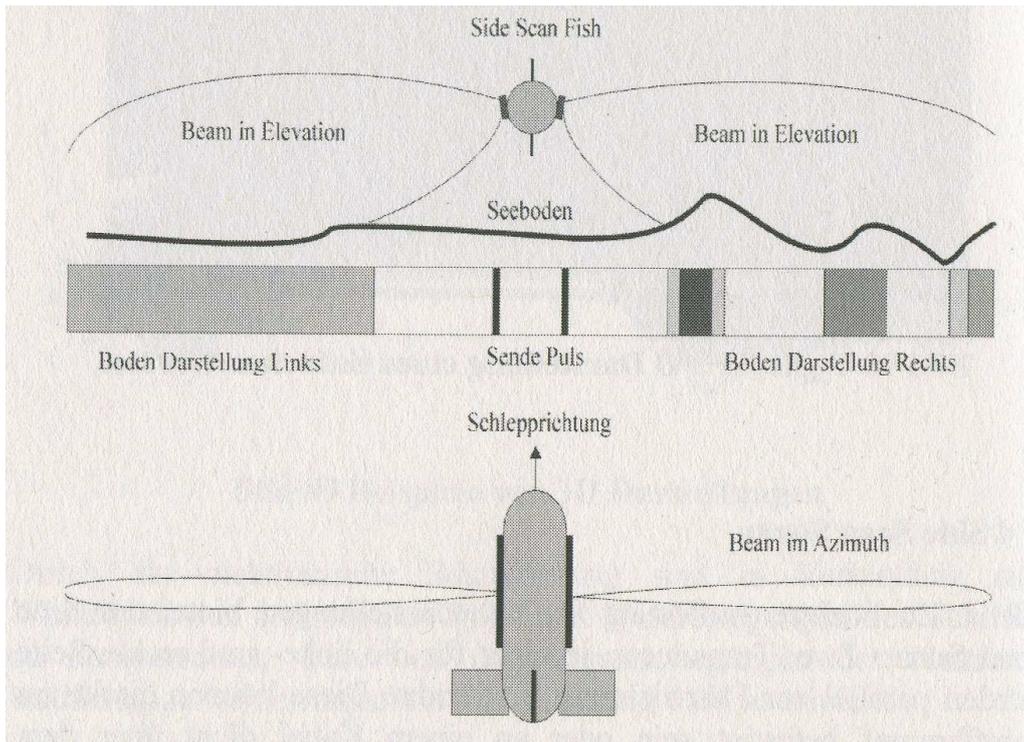


Abbildung 2: Prinziptskizze des Abtastvorgangs (1)



Abbildung 3: Sidescan Sonar - Fish

4. Technik und Messgeräte

Die Wahl der geeigneten Messgeräte ist die wichtigste Aufgabe, bei der Erfüllung von Hydrographischen Vermessungsaufgaben. Insbesondere die örtliche Lage, das Wetter und die Wassereigenschaften, wie Tiefe, Temperatur oder Wellengang, sind hinreichend bei der Auswahl zu beachten.

4.1. Boot „Sunder“

Für Singlebeam- Messungen wird der „Sunder“ eingesetzt. Es ist das kleinste geschlossene Boot. Es ist mit einem integrierten Schwingersystem ausgestattet. Durch seine geringen Maße (Länge: 5,40 m, Breite: 1,30 m, Tiefgang: 0,30 m) wird es vor allem in Flüssen und kleinen Seen eingesetzt. Desweiteren ist es hervorragend in flachen Gewässern und im Uferbereich einsetzbar.



Abbildung 4: Boot "Sunder"

4.2. Boot „Multi Sounder“

Der „Multi Sounder“ wird für Multibeam- Messungen sowie für Sidescan Sonar- Untersuchungen eingesetzt. Mit einer Länge von 6,95 m, einer Breite von 2,40 m und einem Tiefgang von nur 0,35 m ist es zum einen Transportfähig und zum anderen in fast allen Gewässern einsetzbar. Das Boot ist ausgestattet mit dem Multibeam SeaBat 8101 der Firma Reson und kann bei bis zu 300 m Wassertiefe eingesetzt werden. Die Besonderheit bei Multibeam- Messungen ist, dass die Schiffsbewegung erfasst werden muss, um die Messwerte dementsprechend zu korrigieren. Dies geschieht durch den Kreiselkompass mit Bewegungssensor „Octans“ der Firma Ixsea. Er erfasst die dreidimensionalen Schiffsbewegungen (Rollen, Stampfen, Gieren), bringt die

gemessenen Winkel als Verbesserung an die Rohdaten an und ist somit für die komplette Richtungsbeschickung verantwortlich. (9)



Abbildung 5: Boot "Multi Sounder"

4.3. Wasserschall

Die Schallgeschwindigkeit c ist die Phasengeschwindigkeit einer akustischen Welle in einem Medium. Sie hängt von den elastischen und thermodynamischen Eigenschaften des Mediums ab. Vor einer Hydrographischen Vermessung ist es daher notwendig die Wasserschall-



Abbildung 6: Wasserschallgerät

geschwindigkeit zu ermitteln, um das Peilsystem kalibrieren zu können. Die Schallgeschwindigkeit erstreckt sich, abhängig von Druck, Salzgehalt und Temperatur, über einen Bereich von 1400 bis 1600 m/s. Für destilliertes Wasser bei 20 °C beträgt sie 1490 m/s, für Meerwasser mit 15 °C, 1507 °C. (7)

4.4. Bewegungssensor „Octans“

Um die Schiffsbewegungen zu erfassen, wird der Bewegungssensor mit Kreiselkompass „Octans“ der Firma IXSEA eingesetzt. Er ist mit einem Faseroptischen Kreiselkompass mit strap-down Technologie ausgestattet.



Abbildung 7: IXSEA Octans

Der Sensor befindet sich im Bug des Bootes. Die gemessenen Werte bzw. Bewegungen (Rollen, Stampfen, Gieren) werden an das Messprogramm im Rechner weitergeleitet und in Form von Korrekturen an die Messwerte angebracht. (10)

5. Positionierung

Für die Punktbestimmung wird in der Hydrographie fast nur noch ausschließlich GPS genutzt. Die geforderte Genauigkeit der Punktbestimmung bestimmt, welches Gerät zum Einsatz kommt. Die GPS- Antennen sind meistens senkrecht über dem Tiefenmessgerät angebracht. So können Fehler in der Offset- Bestimmung vermieden werden.

5.1. GPS - Global Positioning System

Das Global Positioning System wird mittlerweile in fast allen Bereichen angewendet. In der Hydrographie wird es fast nur noch verwendet. Gerade auf hoher See, wo keine tachymetrische Verfolgung mehr durchgeführt werden kann, findet GPS Einsatz.

Das Grundprinzip der Positionsbestimmung bei GPS basiert auf die Entfernungsmessung zwischen Satellit und Empfänger. Die Satelliten sind mit hochgenauen Atomuhren, die mit einer Frequenz von 10,23 MHz senden, ausgestattet. Aus dieser Grundfrequenz werden 2 Trägerwellen erzeugt, der L1 - Träger mit 1575,42 MHz und der L2-Träger mit 1227,60 MHz. Den Trägern sind zwei Codes und ein Datensignal aufmoduliert. Man unterscheidet zwischen dem C/A-Code, welcher nur auf dem L1-Signal aufmoduliert ist und dem P-Code, welcher auf beiden Signalen aufmoduliert ist. Der C/A-Code (coarse/aquisition code) ist allgemein zugänglich und ungenauer als der P-Code (precise Code) und autorisierten Nutzern vorbehalten. Die Codes sind für die Identifikation der Satelliten notwendig, da jeder Code einzigartig ist. Weiterhin wird er für die Laufzeitbestimmung zwischen Satellit und Empfänger benötigt. Das Datensignal ist die Navigationsnachricht, die Informationen zu den Satellitenephemeriden, den Zeitableitungen, den Bahnkorrekturen, der Uhrenkorrektur, den Korrekturparametern für die Ionosphäre und dem allgemeinen GPS-Status enthält.

Bei der Ermittlung der Entfernung wird zwischen Code- und Trägerphasenmessung unterschieden. Die Codephasenmessung ist eine sog. Laufzeitenmessung. Es wird die Zeit gemessen, die ein Signal vom Satellit zum Empfänger braucht. Die Entfernung wird dann durch folgende einfache Formel errechnet: $\text{Weg} = \text{Lichtgeschwindigkeit} \cdot \text{Laufzeit}$. Im Unterschied dazu wird bei der Trägerphasenmessung die Welle ausgenutzt die das Signal transportiert. Da die Frequenzen der Trägerwelle bekannt sind, kann die Wellenlänge berechnet werden. Gezählt werden die ganzen Wellenzüge der

Trägerwellen zwischen Satellit und Empfänger und das gemessene Reststück beim Empfänger. (2)(3)(4)(5)

5.2. DGPS - Differential Global Positioning System

DGPS steht für Differenzielles Globales Positionierungssystem. Hier werden im Gegensatz zum GPS mehrere Empfänger eingesetzt. In den meisten Fällen besteht das Messsystem aus einer festen Station (Referenzstation oder Basisstation) und einem beweglichen Empfänger (Rover). Die Referenzstation berechnet Korrekturdaten, die an den Rover übermittelt werden. Durch die Verwendung dieser Korrekturen, werden die Satellitenuhrfehler eliminiert, die ionosphärischen Laufzeitfehler und die Orbitfehler einflüsse verringert. Der Rover des Nutzers ist den gleichen Bedingungen bzw. Fehlereinflüssen wie die Referenz unterlegen. Durch die von der Referenz ermittelten Korrekturen, können so die Positionen mit höheren Genauigkeiten in Echtzeit erreicht werden. Sowohl Leica als auch Trimble arbeiten mit diesem System. (5)(6)

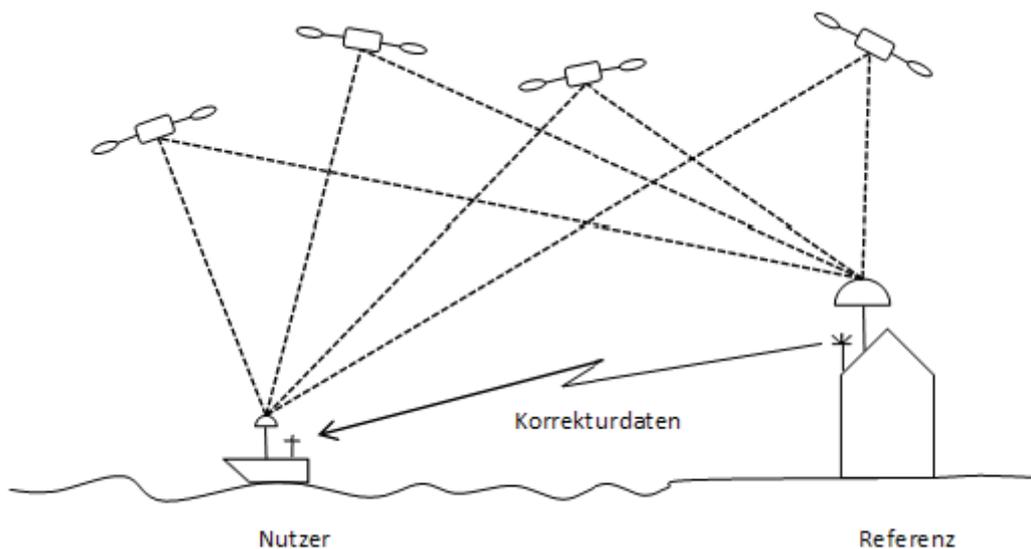


Abbildung 8: Prinzip DGPS

5.2.1. Leica - Ascot Trans

Das Leica GPS1200 ist ein schnelles Messsystem mit hoher Genauigkeit. Durch die Verwendung des deutschlandweiten Satellitenreferenzdienstes Ascot werden Genauigkeiten von ± 5 cm erreicht.

Ascot Trans ist eine Passpunktfreie Echtzeit-Transformation über zentrale Datenbanken. Die Transformation erfolgt über amtliche Festpunktdaten der einzelnen Bundesländer. Die Qualität ergibt sich aus der



Abbildung 9: GPS1200 (11)

Qualität des Ausgangsproduktes.

Mit dem Transformationssatz werden über 7 Parameter vorläufige Koordinaten erzeugt und über GSM- Datenübertragung an den Ascos Dienst übermittelt. Das System erkennt die örtliche Lage, wo gemessen wird, und passt die Korrekturparameter an. Der Anwender erhält nun im RTK- Modus Landeskoordinaten, die in Mecklenburg- Vorpommern bei einer Genauigkeit in der Lage von ± 5 cm und in der Höhe von ± 3 cm liegen. Die resultierenden Koordinaten im Zielsystem sind nachbarschaftstreu, die resultierenden Höhen sind auf das Schwerefeld bezogen.

Die Abbildung der transformierten Koordinaten in das gewünschte Bezugssystem ist nicht Bestandteil der Transformation, sondern wird über den Rover erledigt. Die Projektion muss dort eingestellt werden.

5.2.2. Trimble - Long Range

Die Positionierung mit dem Trimble SPS361 erfolgt ebenfalls über DGPS. Der Unterschied zum Leica System ist, dass die Referenzstationen eine sehr große Reichweite haben (zwischen 225 und 285 km). Nachteil bei hoher Reichweite ist eine steigende Ungenauigkeit in der Positionierung. Mit diesem System werden Lagekoordinaten erzeugt.



Abbildung 10: Trimble SPS361 (12)

Die Abbildung 11 zeigt die 3 Küstenstationen Helgoland, Groß Mohrdorf und Zeven, die 4 Binnenstationen befinden sich in Koblenz, Iffezheim, Bad Abbach und Mauken. Mit den Küstenstationen werden die Nord- und Ostseeküste flächendeckend mit Korrekturdaten abgedeckt.

Für den Bereich um Wolgast wird auf die Referenzstation in Groß Mohrdorf zurückgegriffen. Diese Station sendet auf einer Funkfrequenz von 308 kHz mit einer Datenrate von 100 Bit/s im Datenformat RTCM SC 104. (13)

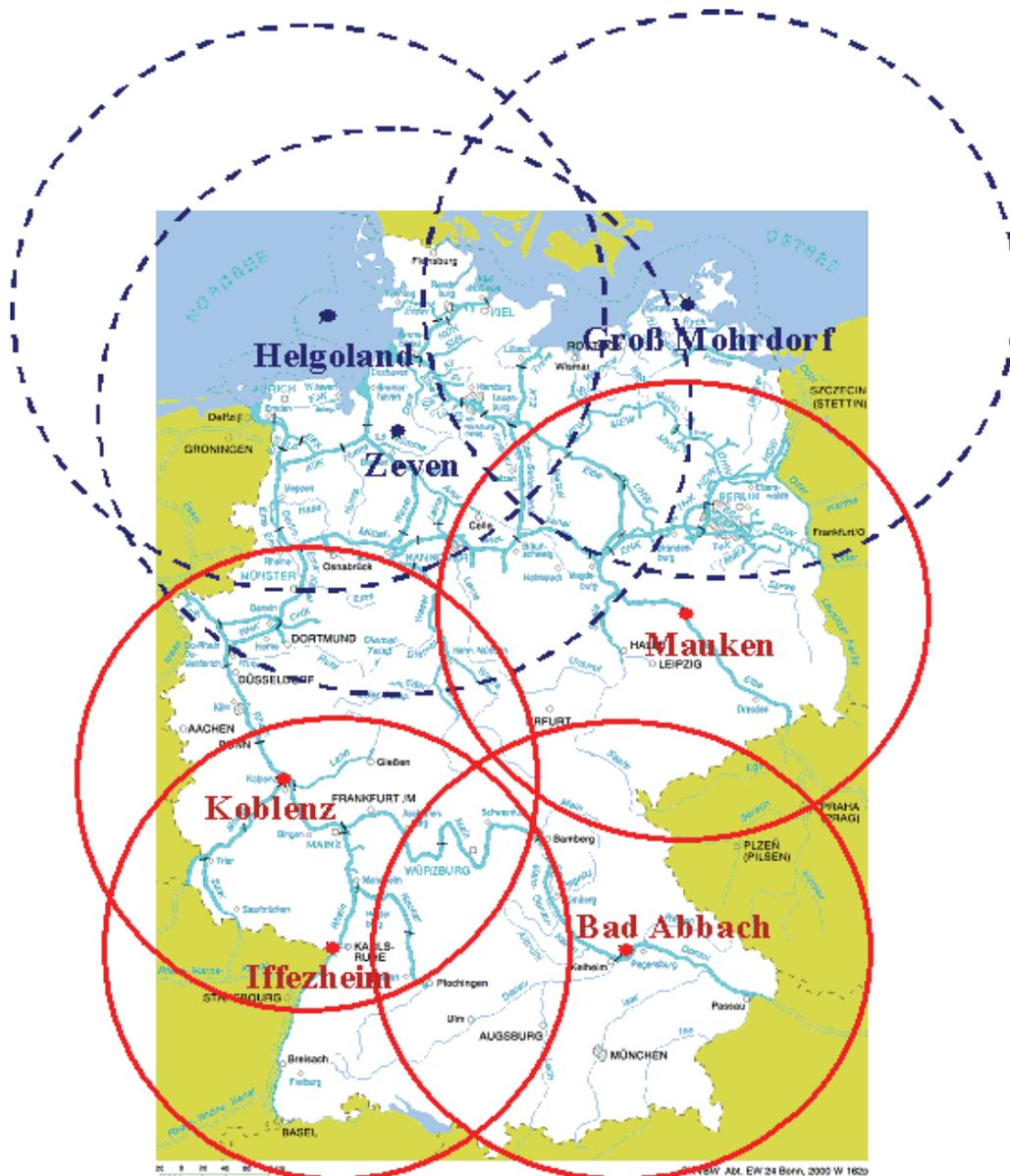


Abbildung 11: DGPS – Referenzstationen (13)

6. Einmessung - Dalben

Die Einmessung der Dalben erfolgte über GPS, unter Nutzung von Leica GPS1200 mit dem Satellitenreferenzdienst Ascos-Trans. Dazu wird die Anlage aufgebaut, d.h. das Antennenkabel zwischen Antenne und Rover wird angesteckt. Zur Reserve wird das System an eine externe Stromversorgung angeschlossen. Die Antenne wird auf einem Lotstock befestigt. Sobald das GPS-System bereit ist und in den Ascos-Trans Dienst eingewählt ist, kann die Messung beginnen.

Um auf die Dalben zu kommen und 3 Punkte zur Bestimmung aufzumessen, muss das Messboot an den Dalben anlegen und festgemacht werden. Über eine an den Dalben befindlichen Leiter wurde hinaufgeklettert. Da die GPS Anlage mit dem Messboot verbunden war, musste die Messung vom Messgehilfen ausgelöst werden, sobald der erste Punkt auf der Oberkante gehalten wurde. Wurde der Punkt gemessen, kann der zweite Punkt aufgehoben und gemessen werden. Ebenso geschieht es mit dem dritten Punkt. Wurden alle Punkte gemessen, konnte das Boot ablegen und zum nächsten Dalben fahren und den gleichen Ablauf vollziehen.

Nachdem alle Dalben auf die gleiche Art und Weise eingemessen worden sind, wurde die Punktdati als GSI-Datei exportiert. Im Innendienst wurde die Datei in Cremer eingelesen und als DXF-Datei abgespeichert, um es in diesem Format in AutoCAD einlesen zu können. Die Punkte wurden in einen Übersichtsplan der Peene eingelesen. Aus den drei Punkten der jeweiligen Dalben wurde ein Kreis konstruiert. Anschließend wurden sie beschriftet.



Abbildung 12: Messgebiet Peene-Brücke Wolgast

In der Abbildung 12 ist das Messgebiet zu sehen. Die Messobjekte sind die ersten und vorletzten Dalbenpaare vor der Brücke und die zweiten und letzten Dalbenpaare hinter der Brücke. In der Abbildung 13 ist ein Dalbenpaar zu sehen, an dem ersten befindet sich die Leiter, an der hinaufgeklettert wird und wie in die Punkte aufgehalten und gemessen werden.



Abbildung 13: Dalbenpaar 1



Abbildung 14: Einmessung Dalben

7. Vorbereitung - Messung Multibeam und Sidescan Sonar

Bei den beiden Messungen mit den unterschiedlichen Systemen wurde der gleiche Ablauf zu Grunde gelegt.

Wie in 6 erwähnt, wurden die Dalben über drei Punkte eingemessen und in AutoCAD erzeugt. Ebenso wurden in AutoCAD Linien in bestimmten Abstand von den Messobjekten konstruiert, auf die bei der Multibeam-Messung und bei der Sidescan Sonar-Messung gefahren wurde. Dafür wurden die Mittelpunkte der Dalben, die sich gegenüber stehen, quer verbunden. Die Mittellinie, die von dem ersten Dalbenpaar durch die Brücke zum letzten Dalbenpaar verläuft, entsteht schließlich durch das Verbinden der Mittelpunkte der einzelnen Querlinien. Ebenso wurden zwei Linien in 10 und 20 m Abstand südlich der ersten Messdalben (1 und 2) konstruiert und zwei weitere im gleichen Abstand westlich der Messdalben (1 und 8). Ein Übersichtsplan befindet sich im Anhang.

Die erzeugten Linien wurden als DXF abgespeichert und können in dem Peilprogramm Qinsy weiterverarbeitet werden. In Qinsy muss zunächst ein Projekt angelegt werden. Über den Line Data Manager können die Linien als DXF importiert werden. Anschließend werden diese in Routen umgewandelt. Anhand der Routen kann sich der Schiffsführer orientieren. Dadurch wird auch gewährleistet, dass eine flächendeckende Messung durchgeführt wird.

8. Messung - Multibeam

8.1. Planung

Die Multibeam-Messung wird mit einem speziellen Programm (Qinsky) durchgeführt und muss auch damit vorbereitet werden. Qinsky ist ein recht einfaches, übersichtliches Programm. Die Konsole enthält alle wichtigen Schaltflächen, die zur Vorbereitung nötig sind (Abbildung 15).

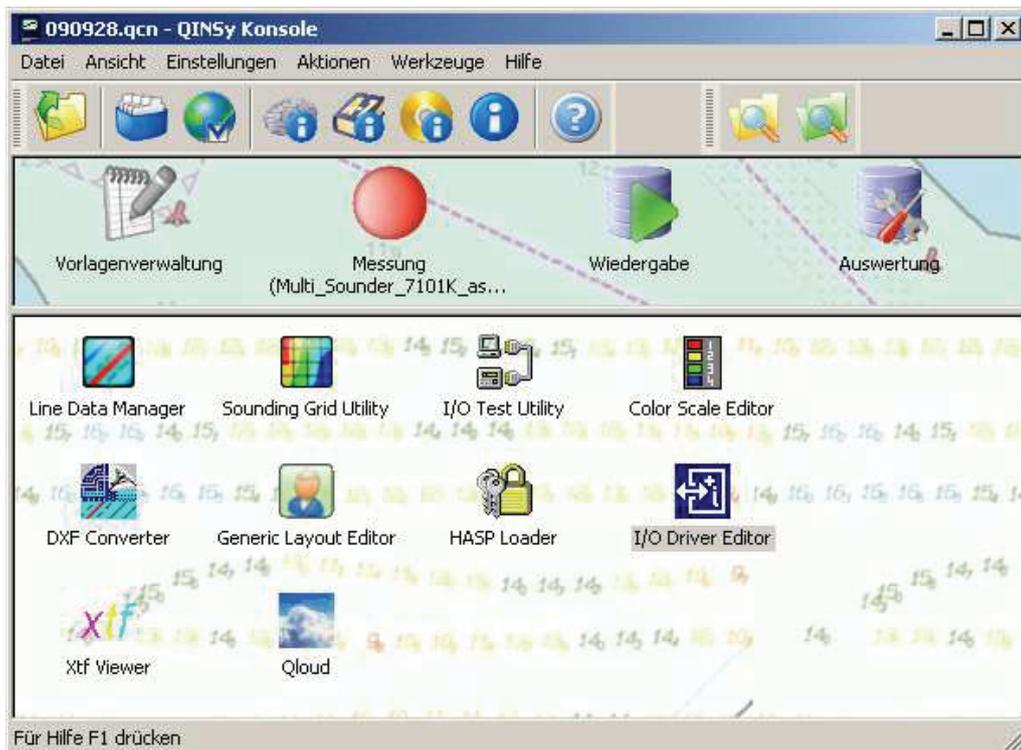


Abbildung 15: Qinsky Konsole

Das I/O Test Utility findet dann Anwendung wenn es Probleme mit dem Datenfluss von der GPS-Anlage oder vom Echolot gibt. Hier können die Schnittstelleneigenschaften überprüft und Testläufe durchgeführt werden.

Es wird als erstes ein neues Projekt erstellt. Dazu werden die Einstellungen, wie Koordinatensystem, Datum, Projektion, Messboot mit dem Tiefgang und das GPS-System mit seiner Portnummer und Baudrate, also die Übertragungsrate definiert. Über die Vorlagenverwaltung werden dann grundlegende Einstellungen zu den verwendeten Geräten vorgenommen. Bei der Peilung wurde 240 kHz Reson SeaBat 7101 Schwinger verwendet. Da die GPS-Antenne senkrecht über dem externen Schwinger angebracht ist, müssen in der Vorlagenverwaltung richtig eingestellt werden. Die GPS-Antenne bekommt in Z eine Höhe von 2,76 m, gemessen von Wasserspiegel bis Unterkante Antenne (Anhang).

Über den Line Data Manager werden die Linien bzw. Routen erstellt. Diese werden im Messprogramm geladen und aktiviert.

Vor jeder Peilung ist die Bestimmung der Wasserschallgeschwindigkeit mit einem hinreichend genauen Wasserschallmessgerät zu bestimmen. Kontrolliert wird diese durch eine entsprechende Tabelle, aus der die Schallgeschwindigkeit unter Beachtung der Wassertemperatur und des Salzgehaltes des Wassers abgelesen werden kann. Durch eine Stangenpeilung ist das Echolot zu prüfen. Weiterhin muss die Lage der Antenne und des Schwingers überprüft werden. Dafür ist beides einzumessen und im Messprogramm einzugeben, damit es nicht zu fehlerhaften Messwerten kommt.

Die Qinsy Software ermöglicht es auch, die Peilung im Nachhinein nochmals ablaufen zu lassen, wenn bei der Messung falsche Einstellungen gemacht worden sind. Wurde beispielsweise ein falscher Transformationssatz gewählt oder eine falsche GPS-Höhe eingestellt, können diese in der Vorlagenverwaltung geändert werden und über den Button Wiedergabe ein Replay gestartet werden. Die komplette Peilung läuft jetzt noch einmal ab. Dadurch werden dann im Prinzip die richtigen Daten erzeugt, die dann auch in der genutzt werden.

8.2. Geräteaufbau

Für Multibeam-Messungen ist das Messboot bereits vorbereitet, da es fast ausschließlich zu diesem Zweck eingesetzt wird und außerdem im Zuge der Beteiligung an dem Großprojekt Vertiefung Nördlicher Peenestrom in Wolgast liegt. Für die genaue Lage der Sensoren muss das Messboot und die Sensoren eingemessen werden (siehe Einmessskizze im Anhang). Vor dem Bug befindet sich das Fächerecholot. Senkrecht darüber ist die GPS-Antenne angebracht. Der Bewegungssensor, der die Schiffsbewegungen erfasst und die Daten korrigiert, befindet sich in der Mitte des Bootes.

8.3. Durchführung

In der Qinsy-Konsole wird das Messprogramm gestartet. Es wird die DXF-Datei zur Übersicht und die vorab erstellten Fahrlinien eingeladen. Dadurch ist der Bootsführer in der Lage, das Boot zu steuern.

Die erste Linie wird aktiviert, im sogenannten Helmsmann-Display wird eine rechts-links Anzeige deutlich, die angibt wie weit die momentane Position von der geplanten abweicht. Die Linien werden nacheinander abgefahren, bis das gesamte Messgebiet deckend gepeilt wurde.

8.4. Auswertung

Die Auswertung erfolgt mit Qloud, ein Auswerteprogramm in Qinsy. Hier wird die während der Messung erzeugte QTM-Datei eingeladen. Man sieht nun die Querprofile des gesamten Messbereiches im frei gewähltem 2 m Abstand. In diesen Daten sind Fehltiefen und Fehlpeilungen enthalten, die entfernt werden müssen. Diese können durch Fischeschwärme oder Wasserpflanzen oder andere Objekte im Wasser zustande kommen. Bei einer normalen Tiefenmessung müssen auch die Messpunkte der Dalben gelöscht werden. Da dies aber Grund der Vermessung ist, bleiben sie erhalten. In der Abbildung 16 ist auf der linken Seite das Grid zu erkennen, rechts die Profile in der Queransicht. Deutlich zu erkennen ist der Dalben auf der linken Seite der Fahrrinne. Diese Messwerte bleiben, wie schon erwähnt erhalten und sind in der Übersicht dann auch deutlich zu erkennen (Abbildung 17).

Die bereinigten Daten werden in ein Grid exportiert und mit 1 m Auflösung geladen. Für diese Zwecke reicht das völlig aus, da selbst bei geringerer Auflösung keine verwertbareren Ergebnisse herauskommen. Aus den Messwerten in Abbildung 16 wurden die Koordinaten (Anhang) abgegriffen, um sie dann mit den gegebenen, eingemessenen Dalben und mit den Ergebnissen aus den Sidescan Messungen zu vergleichen. Die Dalben sind hier deutlich durch andere Tiefenangaben zu erkennen. Der hellgrünen bis gelben Bereiche im mittleren Gridbereich sind die beiden Brückenpfeiler.

Aus dem Grid wurde ein Tiefenkotenplan erstellt (Anhang). Dabei wird aber pro m² nur ein Messpunkt ausgegeben. Darum kann auf dem Plan nicht eindeutig auf die Dalben geschlossen werden. In einigen Fällen ist zwar eine geringere Tiefe beim Dalben erkenntlich, aber nicht in jedem Fall.

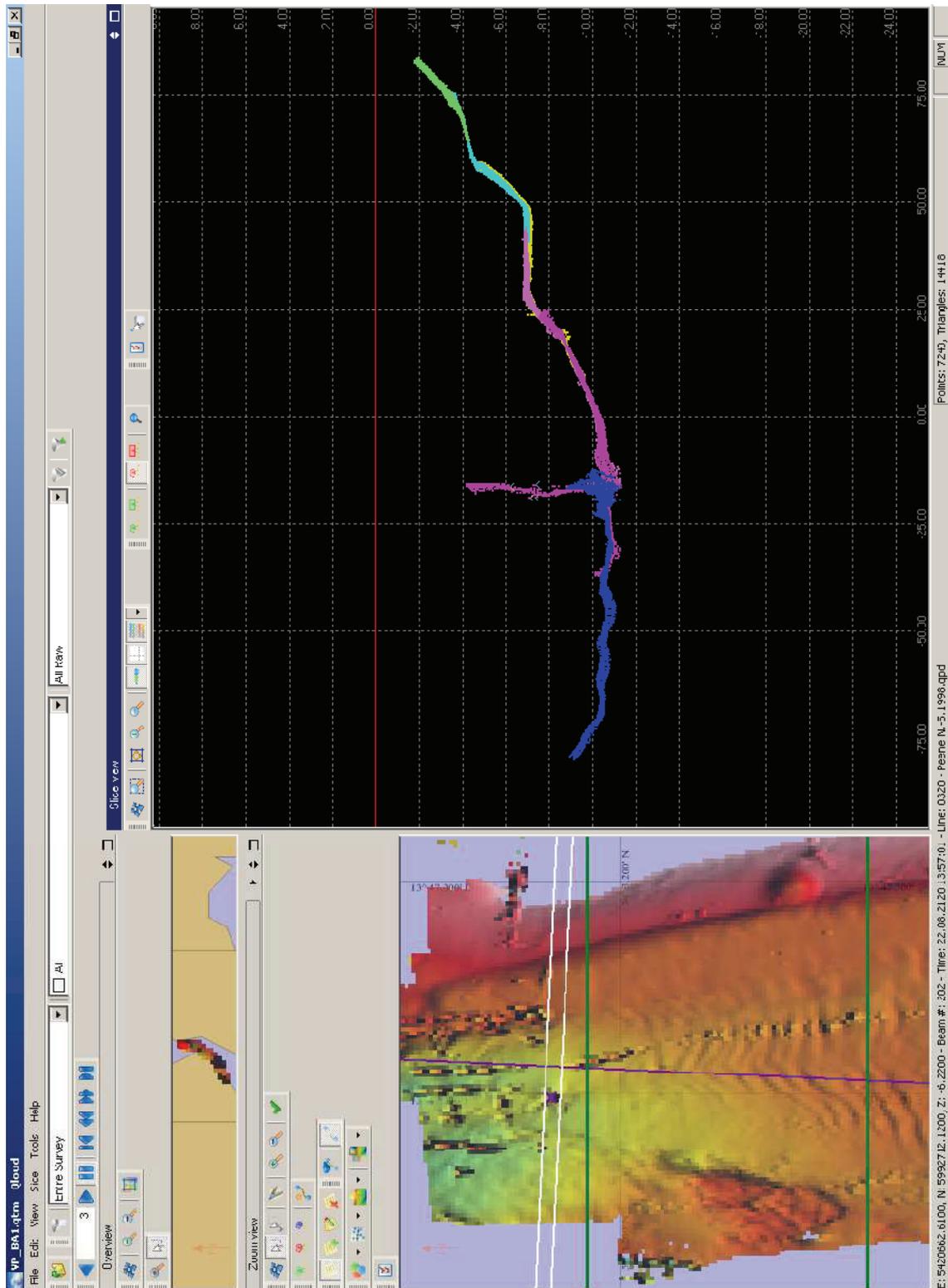


Abbildung 16: Auswertung mit Qcloud

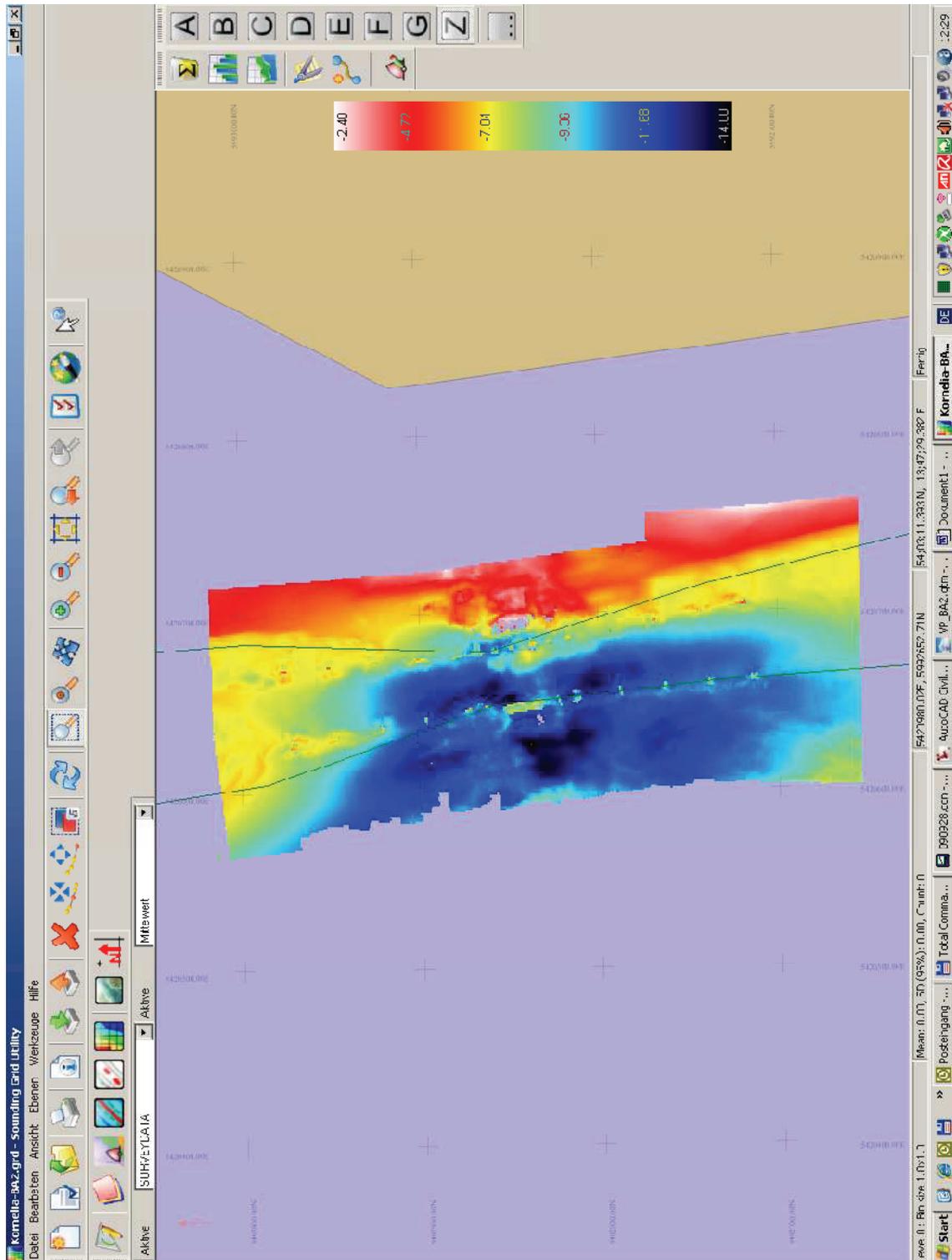


Abbildung 17: Grid mit Dalben

8.5. Ergebnisse und Ergebnisbetrachtung

Um die Ergebnisse repräsentativ vergleichen zu können, wurden die Dalbenmittelpunkte von der Einmessung mit den Multibeam-Ergebnissen verglichen. Dazu wird die Streckendifferenz zwischen den gegebenen (Dalbenmittelpunkte) und den ermittelten Messwerten (Multibeam) nach folgender Formel berechnet:

$$s = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2}$$

In Tabelle 1 sind die Rohdaten der einzelnen Messungen aufgeführt und die daraus berechneten Streckendifferenzen.

Tabelle 1: Ergebnisse - Multibeam, Eingemessene Mittelpunkte und berechnete Strecken

Multibeam			Dalbenmittelpunkte			Berechnete Strecken		
GK-Koordinaten			GK-Koordinaten			Strecken		
	Hoch	Rechts		Hoch	Rechts			
1	5992711.71	5420661.90	1	5992712.25	5420662.41	1	0.74	[m]
2	5992811.80	5420652.88	2	5992810.61	5420653.94	2	1.59	[m]
3	5992873.56	5420643.62	3	5992874.23	5420644.75	3	1.32	[m]
4	5992971.09	5420626.65	4	5992971.48	5420625.87	4	0.87	[m]
5	5992976.52	5420668.43	5	5992977.36	5420667.93	5	0.98	[m]
6	5992879.76	5420675.04	6	5992878.74	5420676.31	6	1.63	[m]
7	5992815.47	5420684.73	7	5992815.64	5420685.66	7	0.95	[m]
8	5992717.49	5420703.82	8	5992717.88	5420704.43	8	0.72	[m]

In Tabelle 2 folgt die tatsächliche Lagedifferenz der Mittelpunkte, die sich aus der Differenz der Berechneten Strecke und dem Radius der Dalben ergibt.

Tabelle 2: Tatsächliche Lagedifferenz

Berechnete Strecken			Durchmesser der Dalben			Differenz Radius zu berechnete Strecke		
1	0.74	[m]	1	0.70	[m]	1	0.39	[m]
2	1.59	[m]	2	0.71	[m]	2	1.23	[m]
3	1.32	[m]	3	0.71	[m]	3	0.96	[m]
4	0.87	[m]	4	0.70	[m]	4	0.52	[m]
5	0.98	[m]	5	0.69	[m]	5	0.63	[m]
6	1.63	[m]	6	0.72	[m]	6	1.27	[m]
7	0.95	[m]	7	0.70	[m]	7	0.60	[m]
8	0.72	[m]	8	0.71	[m]	8	0.36	[m]

Es ergibt sich ein Mittelwert von 0.75 m für die tatsächliche Lagedifferenz. Somit kann gesagt werden, dass die Multibeam-Messung im Rahmen dieser Ausführungen eine Genauigkeit von etwa 80 cm aufweist.

Wie in Abbildung 16 deutlich zu erkennen ist, gibt es zahlreiche Messpunkte am Dalben, die in unterschiedlicher Wassertiefe anders ausfallen. Hier können auch Störfaktoren wie Bewuchs zu Fehlereinflüssen führen.

9. Messung - Sidescan Sonar

9.1. Planung

Die Messung der Dalben mittels Sidescan Sonar erfolgt nach sorgfältiger Planung und bei ausreichend gutem Wetter, um unnötige Fehlereinflüsse zu vermeiden.

Vor Beginn der Messung wurde, insbesondere auch für den Bootsführer ein Plan erstellt, der den Messablauf vorgibt (siehe Anhang).

9.2. Geräteaufbau

Die Sidescan Sonar Messungen wurde nach zwei Messanordnungen durchgeführt. Zum einen wurde im geschleppten Zustand des Fishs und zum anderen im starren Zustand gemessen. Bei beiden Anordnungen wird das Messgerät zur Steuerbordseite aus dem Messboot gehalten. Dazu wird eine Querstange über das Bug des Bootes gelegt und an Steuerbörseite eine Längstange am Ende der Querstange befestigt. An dessen Ende hängt bzw. wird der „Fish“ geschleppt. Am oberen Ende der Längsstange befindet sich die GPS-Antenne.



Abbildung 18: Messaufbau - Sidescan Sonar

9.2.1. Geschleppter Zustand

Wird das Sidescan Sonar Gerät einfach neben oder hinter dem Messboot hinterhergezogen, spricht man auch vom Schleppen. Es wird mit einem etwa 4 m langen Kabel, das sowohl für die Datenübertragung als auch für die Sicherung benutzt wird, ins Wasser gelassen. Hier verhält sich das Messgerät ähnlich einem Fisch mit seinem Bewegungsverhalten im Wasser. Dieses Verhalten wird durch die zwei Flügel, die am hinteren Ende angebracht sind, verstärkt. Außerdem wird dadurch das Bewegungsverhalten stabilisiert.

9.2.2. Starrer Zustand

Bei der starren Messanordnung wird das Gerät an einer Stange befestigt, die seitwärts aus dem Boot ragt. Das Messgerät wird in ungefähr 1,50 m Wassertiefe neben dem Boot gezogen.

In der nebenstehenden Abbildung ist zu erkennen, dass der „Fish“ mit einer 20 cm langen Verbindung im Wasser hängt. Die Haltestange wird ins Wasser abgelassen und hat am oberen Ende die GPS-Antenne.

Desweiteren sind in der Abbildung 19 auch gut die beiden Flügel zur Stabilisierung sichtbar.



Abbildung 19: Sidescan Sonar Fish

9.3. Durchführung

Die Durchführung erfolgt gemäß der Messanordnung. Mit beiden Anordnungen erfolgt der gleiche Messablauf. Als erstes wurde der starre und danach der schleppende Zustand gewählt.

Für die Messung wurde das Gerät aufgebaut, die GPS- Antenne (Leica) aufgesetzt und das Messprogramm SonarPro®11.2 gestartet. Mit dem Assistenten wird man durch die Projekterstellung geleitet, es werden die Zielverzeichnisse, die Frequenz und der Range angegeben, dem seitlichen Abdeckungsbereich, eingestellt. Diese Einstellungen können jederzeit geändert werden.

Es wurden die ersten beiden Linien mittig der Dalben mit geringer Frequenz und 100 m Sicht zu jeder Seite gefahren. Zu beachten war, dass immer auf die Brücke zugefahren wurde, da es sonst zu GPS- Ausfall durch die Abschattung der Brücke gekommen wäre. Im weiteren Verlauf wurden die südlichen Linien nacheinander im 10 und 20 m Abstand, zuerst mit der niedrigen Frequenz (450 kHz) und danach mit der hohen Frequenz (900 kHz) gefahren. Im Anschluss wurden die westlichen Linien, in 10 und 20 m Abstand mit jeweils niedriger und hoher Frequenz gemessen.

Für den Vergleich der Daten der einzelnen DGPS-Systeme wurde die GPS-Antenne von Leica auf Trimble gewechselt und die Mittellinien mit dem Long Range System wiederholt gemessen.

Das System wurde nach Beendigung der Messungen wieder abgebaut.

9.4. Auswertung

Die Auswertung der Sidescan Sonar Messungen erfolgte über das Programm SonarPro®11.2. Nachdem das Programm gestartet wurde, öffnet man die Messdateien und lässt sie nacheinander ablaufen. Dabei kann der Ablauf an jeder beliebigen Stelle anhalten werden, um die Objekte genauer zu betrachten (Targetbetrachtung). In Abbildung 20 ist die Programmoberfläche mit zwei Aufnahmeeinheiten zu sehen. Dabei endet die eine Aufnahmeeinheit und es beginnt die neue. Der Verlauf der Messung wird in Fahrtrichtung dargestellt (Navigationsfenster). Im rechten unteren Teil ist das Targetfenster zu sehen. Es kommt immer dann zum Vorschein, wenn man im Messfenster durch einen Doppelklick auf einen Dalben oder jegliche andere Objekte von Interesse ein Target erstellt. Man kann dann die Position präzisieren, indem man auf den Koordinatenbutton klickt und dann das Objekt an der neuen Stelle festlegt. Besonders bei kleinen Objekten kann man durch die zusätzliche Zoomfunktion die Punkte genauer angeben. Desweiteren hat man die Möglichkeit die Höhe des Objektes zu messen, also wie weit es aus dem Boden ragt. Dazu misst man mit der Funktion Height die Länge des Schattens. Mit Length kann man die Länge des Objektes messen, mit Width die Breite. Alle erzeugten Targets werden vom Programm abgespeichert.

Diese in der Abbildung dargestellten Linie ist mit einem Range von 100 m gefahren, also mit 100 m Sichtweite aus jeder Seite des Sidescan Sonar Fishs.

Es ist eine Mittellinie, die Dalben sind rechts und links davon mit ihren hellen Reflektionen eindeutig zu erkennen. Die langen Schatten zeigen deutlich, dass die Dalben aus dem Wasser ragen, da sonst, wie z. B. bei Steinen ein kleiner Schatten geworfen wird und dann wieder der Gewässerboden dargestellt

wird. In der Abbildung 21 ist ein Bereich aus den Messdaten mit hoher Frequenz und 30 m Sichtweite zu jeder Seite zu sehen. Hohe Frequenz heißt, dass der Untergrund deutlicher dargestellt wird. Dort sind beispielsweise gut am unteren Rand ein Reifen zu erkennen, aber auch viele kleinere Steine, die hochragen.

Für die Auswertung wurde jede Messdatei abgespielt, ein Target (Messmarke) an den notwendigen Dalben gesetzt und anschließend eine komplette Target-Datei in txt-Form ausgegeben. Die dadurch erhaltenen WGS Koordinaten wurden mit Hilfe von KOTRAN in Gauß Krüger Koordinaten transformiert um sie miteinander vergleichen zu können.

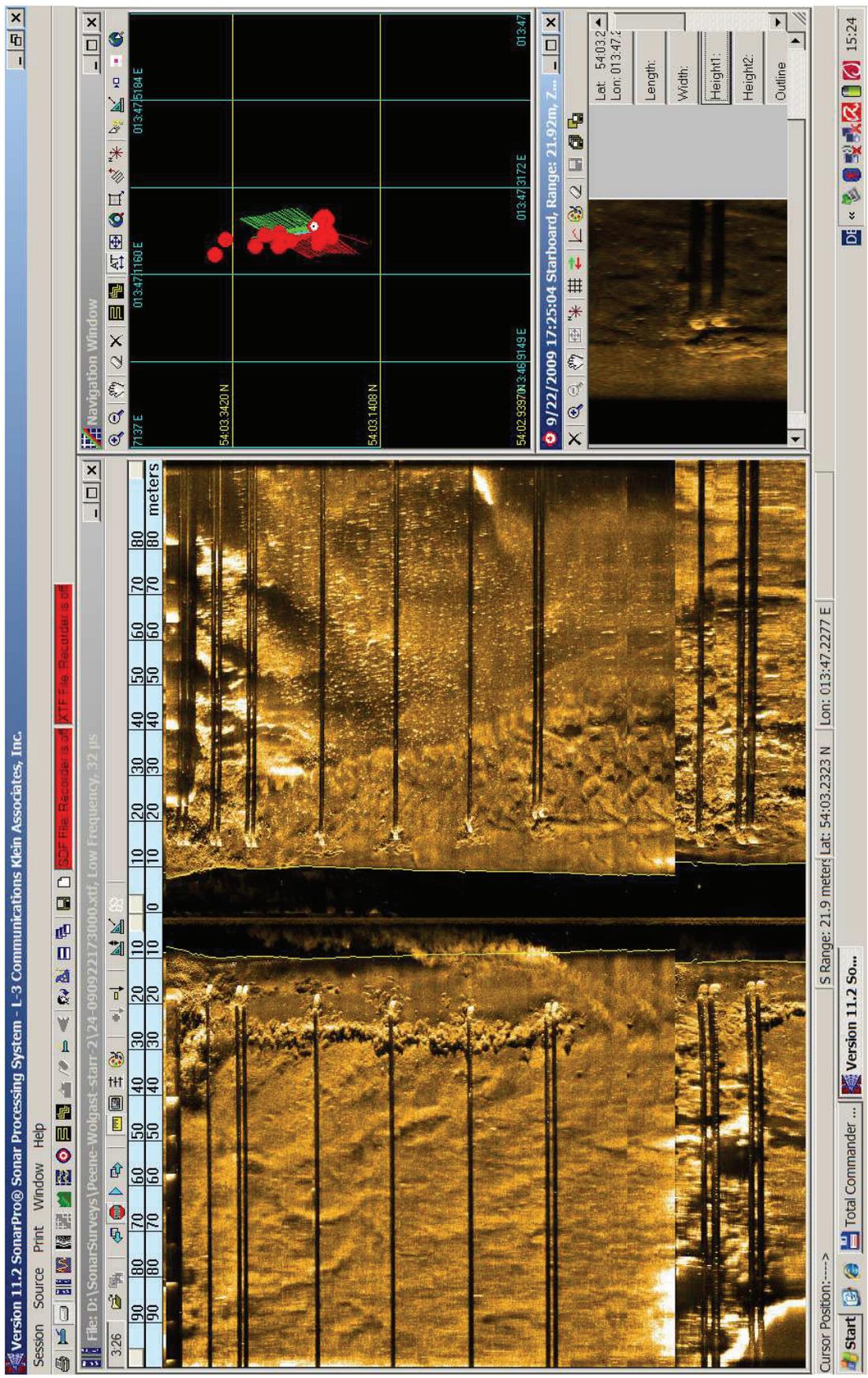


Abbildung 20: SonarPro - Sidescan Sonar Auswertung

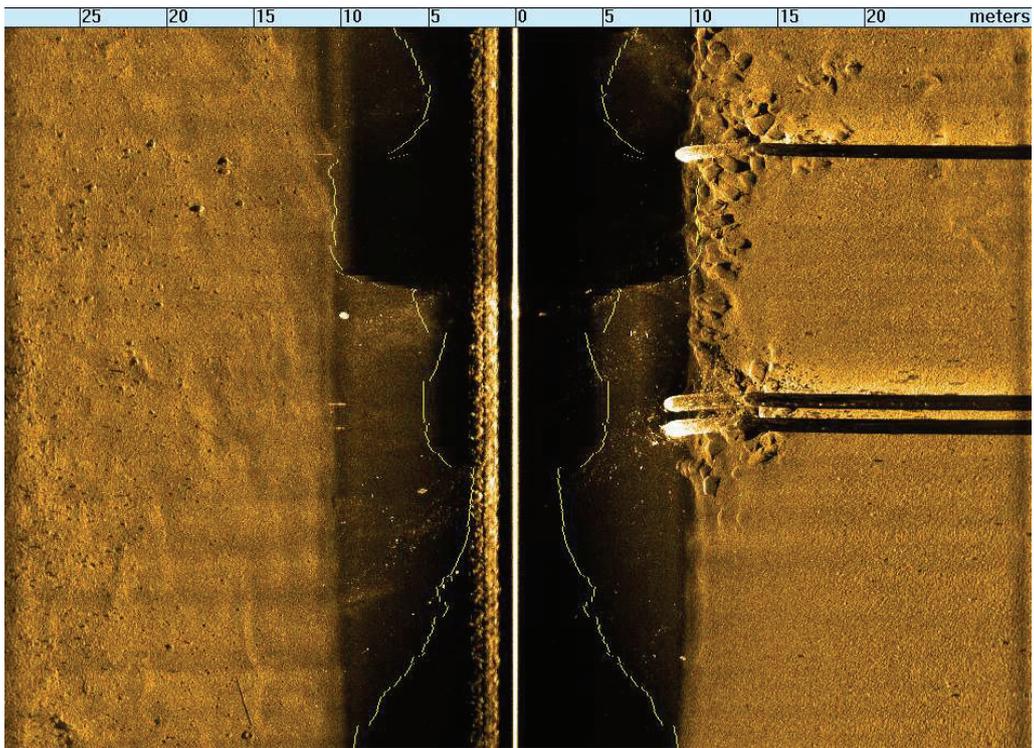


Abbildung 21: Sonaraufnahme Hohe Frequenz, 30 m Range

9.5. Ergebnisse und Ergebnisbetrachtung

Bei der Bestimmung der Genauigkeit der Sidescan Sonar Messdaten, wurde nach dem gleichen Prinzip, wie bei der Multibeam Auswertung verfahren. Die Streckenentfernungen Dalbenmittelpunkt und geortete Unterwasserposition wurden nach folgender Formel berechnet:

$$s = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2}$$

Damit ergeben sich für die unterschiedlichen Einstellungen, die in Tabelle 3 und Tabelle 4 dargestellten Ergebnisse. Die Einstellungen sind dem einzelnen Tabellenkopf zu entnehmen.

Tabelle 3: Schleppend mit 450 kHz

<u>Schleppend</u>	450 kHz - 100 m Range		450 kHz - 30 m Range		
Süd	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	[m]
1	5.30	7.85	5.09	8.26	[m]
	450 kHz - 100 m Range		450 kHz - 30 m Range		
West	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
1	9.26	9.43	9.54	7.77	[m]
	450 kHz - 100 m Range		450 kHz - 30 m Range		
Süd	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
2	5.93	9.39	6.42	10.95	[m]
	450 kHz - 100 m Range		450 kHz - 30 m Range		
West	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
8	9.48	9.78	9.22	6.21	[m]

Tabelle 4: Schleppend mit 900 kHz

<u>Schleppend</u>	900 kHz - 100 m Range		900 kHz - 30 m Range		
Süd	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	[m]
1	5.98	11.90	6.44	8.98	[m]
	900 kHz - 100 m Range		900 kHz - 30 m Range		
West	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
1	9.03	8.18	8.09	10.46	[m]
	900 kHz - 100 m Range		900 kHz - 30 m Range		
Süd	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
2	5.86	10.56	6.53	10.12	[m]
	900 kHz - 100 m Range		900 kHz - 30 m Range		
West	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
8	9.49	10.12	9.10	16.13	[m]

Tabelle 5: Positionen aus Leica und Trimble

Schleppend	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
1	13.72	9.18	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
2	9.39	10.23	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
3	1.20	8.10	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
4	8.27	12.58	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
5	13.56	10.97	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
6	12.08	10.25	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
7	17.59	14.36	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
8	4.78	8.33	[m]

Somit ergibt sich hier eine Lagedifferenz im Mittel von 9.87 m.

Tabelle 6: Differenzen Schleppend

Mittelbildung aus den Positionsbestimmungen		
1	8.58	[m]
2	9.43	[m]
3	4.65	[m]
4	10.43	[m]
5	12.27	[m]
6	11.17	[m]
7	15.98	[m]
8	9.26	[m]

Durchmesser der Dalben		
1	0.70	[m]
2	0.71	[m]
3	0.71	[m]
4	0.70	[m]
5	0.69	[m]
6	0.72	[m]
7	0.70	[m]
8	0.71	[m]

Differenz Radius zu berechnete Strecke		
1	8.23	[m]
2	9.07	[m]
3	4.30	[m]
4	10.08	[m]
5	11.92	[m]
6	10.81	[m]
7	15.63	[m]
8	8.91	[m]

In Tabelle 7, Tabelle 8 und Tabelle 9 folgen die Ergebnisse aus dem Starren Versuchsaufbau.

Tabelle 7: Starr mit 450 kHz

<u>Starr</u>	450 kHz - 100 m Range		450 kHz - 30 m Range		
Süd	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	[m]
1	11.52	7.79	9.95	7.49	[m]
	450 kHz - 100 m Range		450 kHz - 30 m Range		
West	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
1	14.58	14.57	14.78	15.15	[m]
	450 kHz - 100 m Range		450 kHz - 30 m Range		
Süd	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
2	10.20	7.77	9.58	7.22	[m]
	450 kHz - 100 m Range		450 kHz - 30 m Range		
West	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
8	15.01	14.84	14.72	15.07	[m]

Tabelle 8: Starr mit 900 kHz

<u>Starr</u>	900 kHz - 100 m Range		900 kHz - 30 m Range		
Süd	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	[m]
1	9.61	8.98	10.99	6.03	[m]
	900 kHz - 100 m Range		900 kHz - 30 m Range		
West	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
1	14.76	14.76	14.78	15.20	[m]
	900 kHz - 100 m Range		900 kHz - 30 m Range		
Süd	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
2	10.27	4.21	10.62	7.05	[m]
	900 kHz - 100 m Range		900 kHz - 30 m Range		
West	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	
8	11.79	14.61	12.46	15.49	[m]

Tabelle 9: Positionen aus Leica und Trimble

Starr	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
1	23.24	24.30	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
2	19.07	20.82	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
3	8.95	11.77	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
4	3.86	5.50	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
5	22.73	26.84	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
6	22.18	28.70	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
7	9.63	17.18	[m]
	450 kHz - 100 m Range		
Mitte	<i>Leica</i>	<i>Trimble</i>	
8	8.51	10.29	[m]

Die Lagedifferenz beträgt hier 14.13 m im Mittel.

Tabelle 10: Differenzen Starr

Mittelbildung aus den Positionsbestimmungen			Durchmesser der Dalben			Differenz Radius zu berechnete Strecke		
1	13.25	[m]	1	0.70	[m]	1	12.90	[m]
2	10.68	[m]	2	0.71	[m]	2	10.33	[m]
3	10.36	[m]	3	0.71	[m]	3	10.01	[m]
4	4.68	[m]	4	0.70	[m]	4	4.33	[m]
5	24.79	[m]	5	0.69	[m]	5	24.44	[m]
6	25.44	[m]	6	0.72	[m]	6	25.08	[m]
7	13.41	[m]	7	0.70	[m]	7	13.06	[m]
8	13.28	[m]	8	0.71	[m]	8	12.92	[m]

Es ist erkennbar, dass die Lagedifferenz im starren Versuchsaufbau um 4.26 m abweicht, das heißt ungenauer ist.

10. Zusammenfassung

Erwartet wurde, dass der starre Zustand eine Genauigkeit von 3 – 4 m hat und im geschleppten Zustand ein Genauigkeitsbereich vom 5 m anvisiert wird.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass dies nicht der Fall ist. Der geschleppte Aufbau mit einer mittleren Genauigkeit von 9.87 m, ist dem starren Aufbau mit der mittleren Genauigkeit von 14.13 m in jedem Falle vorzuziehen.

Die Multibeam-Messung ergab eine Genauigkeit von 0.75 m. Dieser große Unterschied zu Sidescan Sonar Bestimmungen macht den Vergleich untereinander schwierig, zeigt jedoch, dass diese System wesentlich genauer ist. Bei Multibeam-Messungen werden Genauigkeiten von 10 cm in der Lage angegeben. Da auf den Dalben aber zahlreiche Messpunkte liegen und diese durch Fehlereinflüsse auch variieren können, kann nicht unmittelbar mit der dm-Genauigkeit verglichen werden.

Fehlereinflüsse können durch schwimmende Unterwasserobjekte (Fische, Seegras) oder durch starken Bewuchs, der im Wasser stehenden Dalben zustande kommen. Diese Fehlereinflüsse wirken sowohl bei Multibeam als auch bei Sidescan Sonar.

Die höhere Genauigkeit bei Multibeam ist durchaus dem Bewegungssensor „Octans“, der das Bewegungsverhalten des Schiffes erfasst und Korrekturdaten zur Verbesserung anbringt, zuzuschreiben.

Das Sidescan Sonar Gerät ist zwar ebenfalls mit einem solchen Sensor ausgestattet. Die Ergebnisse zeigen aber, dass beim starren Aufbau, die Genauigkeit sinkt. In diesem Zustand ist das Messsystem starr mit dem Messboot verbunden und unterliegt somit auch dessen Bewegungen, die der interne Bewegungssensor nicht in dem Maße ausgleichen kann. Durch den schleppenden Aufbau, liegt der „Fish“ viel ruhiger im Wasser. Die Bewegungen können viel besser korrigiert werden. Anhand der Ergebnisse ist das verdeutlicht worden.

Das Sidescan Sonar Gerät ist ohne Zweifel ein sehr gutes Gerät zur Unterwasserortung von interessanten Objekten. Solange die Objekte im Größenbereich von 10 m liegen, ist auch die Positionsangabe hinreichend genau.

Literaturverzeichnis

- (1) Aretz, G.: Sonar in Theorie und Praxis für
Unterwasseranwendungen / Münster: Verlagshaus Monsenstein
und Vannerdat OHG Münster, 2006
- (2) Bauer, M.: Vermessung und Ortung mit Satelliten / Heidelberg:
Herbert Wichmann Verlag, 2003
- (3) Kahmen, H.: Angewandte Geodäsie Vermessungskunde / Berlin:
Walter de Gruyter, 2006
- (4) Knickmeyer, E. T.: Landesvermessung 2007/2008 / Skript der
Hochschule Neubrandenburg, 2007
- (5) Mansfeld, W.: Satellitenortung und Navigation / Braunschweig:
Vieweg, 1998
- (6) Torge, W.: Geodäsie / Berlin: Walter de Gruyter, 2003
- (7) Urban, H.: Handbuch der Wasserschalltechnik / Bremen: STN
ATLAS Elektronik GmbH, 2002
- (8) <http://www.ascos.de>
- (9) <http://www.geoings.de>
- (10) <http://www.ixsea.com>
- (11) <http://www.leica.de>
- (12) <http://www.trimble.de>
- (13) <http://www.wsv.de>
- (14) <http://de.wikipedia.org>

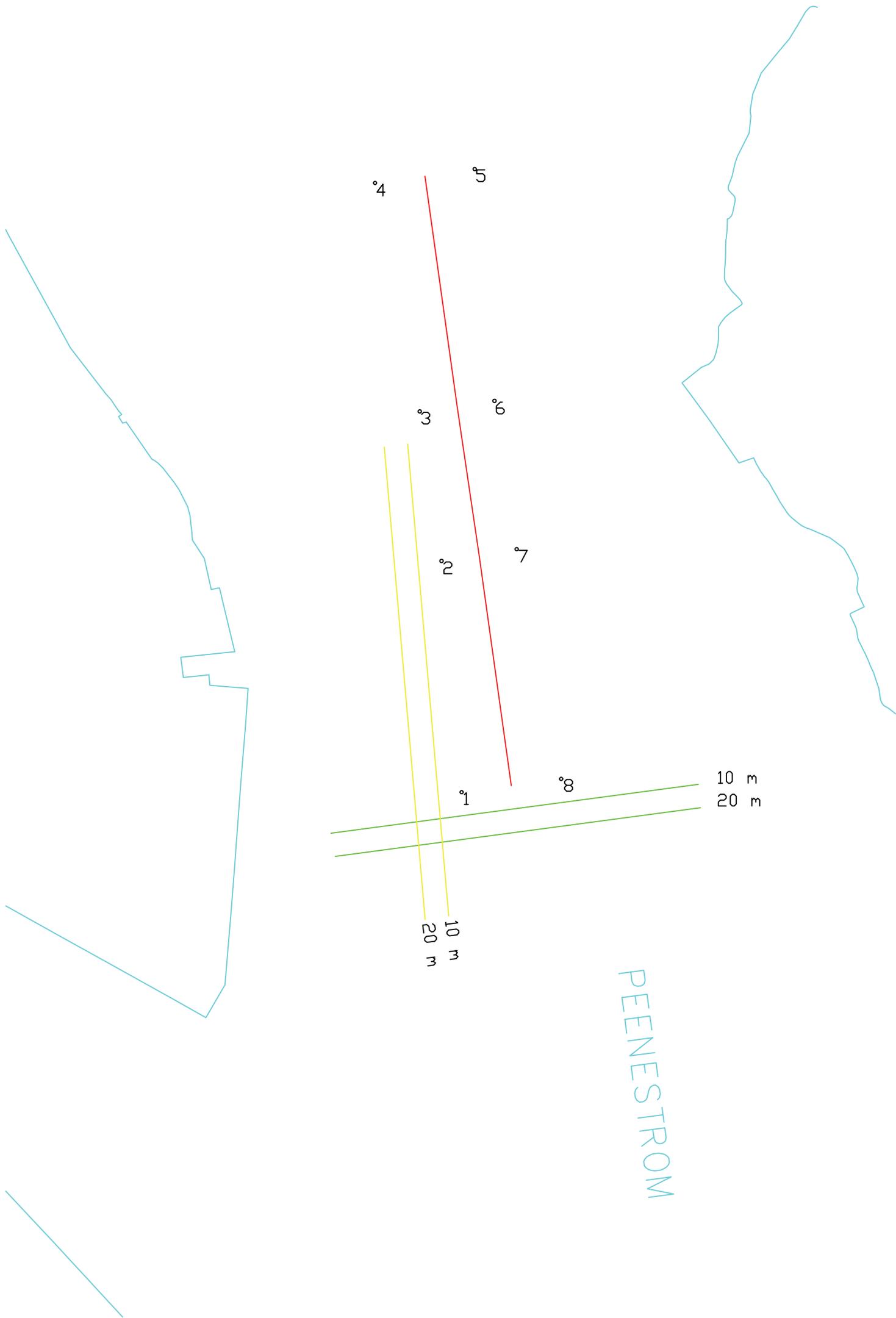
Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich Fächerlot - Einstrahlecholot	11
Abbildung 2: Prinzipskizze des Abtastvorgangs	12
Abbildung 3: Sidescan Sonar - Fish	12
Abbildung 4: Boot "Sounder"	13
Abbildung 5: Boot "Multi Sounder"	14
Abbildung 6: Wasserschallgerät	14
Abbildung 7: IXSEA Octans	14
Abbildung 8: Prinzip DGPS	16
Abbildung 9: GPS1200	16
Abbildung 10: Trimble SPS361	17
Abbildung 11: DGPS - Referenzstationen	18
Abbildung 12: Messgebiet Peene-Brücke Wolgast	19
Abbildung 13: Dalbenpaar 1	20
Abbildung 14: Einmessung Dalben	20
Abbildung 15: Qinsy Konsole	22
Abbildung 16: Auswertung mit Qloud	25
Abbildung 17: Grid mit Dalben	26
Abbildung 18: Messaufbau - Sidescan Sonar	28
Abbildung 19: Sidescan Sonar Fish	29
Abbildung 20: SonarPro - Sidescan Sonar Auswertung	32
Abbildung 21: Sonaraufnahme Hohe Frequenz, 30 m Range	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse - Multibeam, Eingemessene Mittelpunkte und berechnete Strecken	27
Tabelle 2: Tatsächliche Lagedifferenz	27
Tabelle 3: Schleppend mit 450 kHz	34
Tabelle 4: Schleppend mit 900 kHz	34
Tabelle 5: Positionen aus Leica und Trimble	35
Tabelle 6: Differenzen Schleppend	35
Tabelle 7: Starr mit 450 kHz	36
Tabelle 8: Starr mit 900 kHz	36
Tabelle 9: Positionen aus Leica und Trimble	37
Tabelle 10: Differenzen Starr	37

Anhang



4

5

3

6

2

7

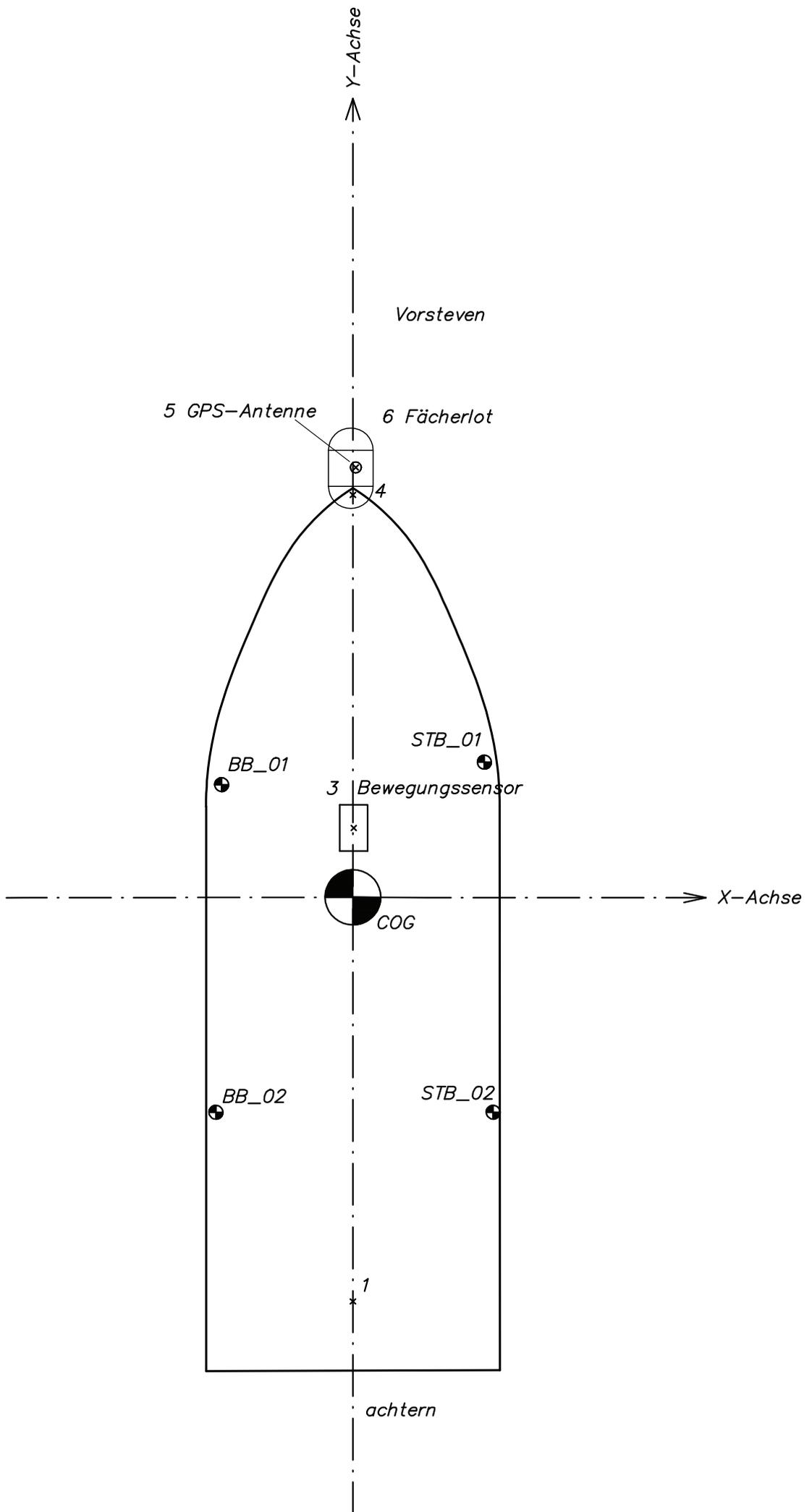
1

8

10 m
20 m

10 m
20 m

PEENESTROM



VERMESSUNG DEFINITIONEN

Allgemein Definitionen

Liniennummer : 1
Linienbeschreibung :

Projektkennung :
Erster Tag der Vermessung :
Letzter Tag der Vermessung :

Erstellungsdatum :
Erstellt von :
Formatname :
Format Revision Code : 0.0

UTC nach GPS Zeitkorrektur : 15.00 s
Vermessungsmeßeinheit : Meters
Umrechnungsfaktor in Meter : 1.00000000

Geodätisch Definitionen

Magnetische Abweichung Information

Undefiniert

Datum Definitionen

Zusätzliches Datum : WGS84
Name des Ellipsoiden : WGS 1984
Große Halbachse (a) : 6378137.000 m
Große Halbachse (a) : 6356752.314 m
Umrechnungsfaktor in Meter : 1.000000
Abplattung (1/f) : 298.25722356
Abplattung (1/f) : 0.00669438
Abplattung (1/f) : 0.00673950

Vermessungsdatum : Pulkovo 1995
Name des Ellipsoiden : Krassovsky 1940
Große Halbachse (a) : 6378245.000 m
Große Halbachse (a) : 6356863.019 m
Umrechnungsfaktor in Meter : 1.000000
Abplattung (1/f) : 298.30000000
Abplattung (1/f) : 0.00669342
Abplattung (1/f) : 0.00673853

Datumtransformation Definitionen

WGS84 to Pulkovo 1995

Position vector rotation		Arc Seconds	
Translation in X	: -23.3189 m	Rotation um X	: -0.041789 "
Translation in Y	: 121.7131 m	Rotation um Y	: 0.163727 "
Translation in Z	: 90.9398 m	Rotation um Z	: 0.147479 "
Maßstabskorrektur	: -0.79930900 ppm		

Rotationspunkt : Not Defined

Höhenbezug Definition

Vertikales Datum	: Manual Offset
Höhendatei	: N/A
Höhenbezug	: No Level Correction
Höhendatei	: N/A
Höhenoffset	: 0.000 m

Wasserspiegelmodell	: Manual Offset
Wasserspiegeldatei	: N/A
Wasserspiegelbezug	: No Level Correction
Wasserspiegeldatei	: N/A
Wasserspiegeloffset	: 0.000 m
Standardabweichung des Wasserspiegels	: 0.025 m

DGM Modell	: Absolute DGMs
DGM Datum	: Manual Offset
DGM Dateien	: N/A
DGM Bezug	: No Level Correction
DGM Dateien	: N/A
DGM Offset	: 0.000 m

Projektion Definition

Projektionstyp	: 003
Projektionsname	: Transverse Mercator (North Oriented)
Umrechnungsfaktor in Meter	: 0.000000

Geographische Breite am Kartenursprung	: 0;00;00.000 N
Geographische Länge am Kartenursprung	: 15;00;00.000 E
Rechtswert am Kartenursprung	: 5500000.000 O
Hochwert am Kartenursprung	: 0.000 N
Maßstab im Ursprung der geographischen Länge	: 1.000000

Lokales Konstruktionsgrid Definition

Not Applicable

Vorzeichenkonvention

Offsetmodus	: Rechtwinklig
Offset Streckenmeßeinheiten	: Meters
Offset Winkelmeßeinheiten	: Grad

OBJECT DEFINITIONEN**Allgemeine Zusammenfassung Information**

Anzahl der Vermessungsschiffe oder Objekte	: 1
Anzahl der Relayschiffe oder Bojen	: 0
Anzahl externer Netzknoten	: 0
Anzahl definierter Datums und Ellipsoiden	: 2

Vessel Definitionen

Multi Sounder
 Streamer : 0 Gun Arrays : 0
 Schwimmkörper : 0 Echolote : 1
 Satellitenempfänger : 0 USBL Systeme : 0
 Netzknoten : 5 Hub, Roll und Stampfsensoren

Korrektur zu GMT : 0.00 Std
 Korrektur zur Zeit des Mutterschiffes : 0.000000 s

Höhe über Tiefenbezugspunkt : 0.000 m
 Multi Sounde CoG

FORM	Point	X	Y	Z	Stift	Füllung	Stil
	1	0.0	3.4	0.0	Aufwärts	Aus.rchgezogen	
	2	1.3	0.0	0.0	Abwärts	Aus.rchgezogen	
	3	1.3	-3.4	0.0	Abwärts	Aus.rchgezogen	
	4	-1.3	-3.4	0.0	Abwärts	Aus.rchgezogen	
	5	-1.3	0.0	0.0	Abwärts	Aus.rchgezogen	
	6	0.0	3.4	0.0	Abwärts	Aus.rchgezogen	

Gun Array Definitionen**NETZWERK DEFINITIONEN****Fester Knoten Definitionen****Variabler Knoten Definitionen**

Multi Sounde CoG
 Einbauprt des Objektes : Multi Sounder
 X (Stbd = Positiv): : 0.000 m
 Y (Bug = Positiv): : 0.000 m
 Z (Positiv nach oben): : 0.000 m

GPS-Antenne
 Einbauprt des Objektes : Multi Sounder
 X (Stbd = Positiv): : 0.000 m
 Y (Bug = Positiv): : 3.370 m
 Z (Positiv nach oben): : 2.760 m

Seabat
 Einbauprt des Objektes : Multi Sounder
 X (Stbd = Positiv): : 0.000 m
 Y (Bug = Positiv): : 3.340 m
 Z (Positiv nach oben): : -0.580 m

Octans
 Einbauprt des Objektes : Multi Sounder
 X (Stbd = Positiv): : 0.000 m
 Y (Bug = Positiv): : 0.000 m
 Z (Positiv nach oben): : -0.234 m

DESO
 Einbauprt des Objektes : Multi Sounder
 X (Stbd = Positiv): : 0.000 m
 Y (Bug = Positiv): : 3.340 m
 Z (Positiv nach oben): : -0.580 m

Observation Definitionen

Gyro Octans	: Bearing (True)
"Am" Knoten	: Multi Sounde CoG
"An" Knoten 1	:
Meßeinheitencode	: Degrees
Beschreibung des Systems	: Gyro Octans
Schallgeschwindigkeit	: 0.0000000000 m/s
Spurbreite auf Basislinie	: 0.0000000000 m/s
Maßstab	: 1.0000000000
Feste Korrektur	: 0.00000000 °
Variable Korrektur	: 0.000000 °
A priori Standardabweichung	: 0.50 °
Maximales Alter	: 0.00 °
Qualitätsindikator	: No quality info recorded

Referenzstation Definitionen**SYSTEM DEFINITIONEN****Position Navigation System**

NMEA

Kopplung

Typ	:	Position Navigation System			
Treiber	:	Sercel NR103 NMEA (\$GPGGA MSL)			
Executable und Cmdlin	:	DrvNR103NMEA.exe GPGGA MSL			
Port	:	6			
Baudrate	:	9600	Datenbits	:	8
Parität	:	None	Stopbits	:	1
Aktualisierungsrate	:	0.000 s	Latenzzeit	:	0.000 s

Satellitensystem Definition

Positionsdatum	:	WGS84
Name des Satellitensystems	:	WGS84

Satellitenempfänger Definition

Empfänger Nummer	:	0
Empfängerbeschreibung	:	
Knoten Kennung	:	GPS-Antenne
Einbauprt des Objektes	:	Multi Sounder
X (Stbd = Positiv):	:	0.000 m
Y (Bug = Positiv):	:	3.370 m
Z (Positiv nach oben):	:	2.760 m

Horizontales Datum	:	WGS84
Vertikales Datum	:	WGS84
Höhendatei	:	N/A
Pegelbezug	:	No Level Correction
Höhendatei	:	N/A
Höhenoffset	:	0.000 m

Angeschlossene Sensoren

Angeschlossene Knoten

Multibeam Echosounder

Seabat

Kopplung

Typ : Multibeam Echosounder
 Treiber : Reson Seabat 7K (Network)
 Executable und Cmdlin : DrvSeabat7KUDP.exe
 Port : 8000

Systemparameter

Seabat
 Objekt : Multi Sounder
 Anzahl der Transducer : Einzelschwinger
 Transducerknoten TX : Seabat
 Kursoffset : 0.070 °
 Rolloffset : 0.740 °
 Stampfoffset : -1.400 °
 Maximale Anzahl der Beams pro Ping : 239
 Gerät ist rollstabilisiert : Nein
 Gerät ist stampfstabilisiert : Nein
 Gerät ist hubkompensiert : Nein
 Verwende Schallgeschwindigkeit vom Gerät : Ja

Pitch Roll Heave Sensor

Octans

Kopplung

Typ : Pitch Roll Heave Sensor
 Treiber : iXSea Octans MRU (\$PHTRH) (Heave Up 'U')
 Executable und Cmdlin : DrvPhotoneticsOctans.exe U NOCS
 Port : 4
 Baudrate : 19200 Datenbits : 8
 Parität : Odd Stopbits : 2
 Aktualisierungsrate : 0.000 s Latenzzeit : 0.000 s

Systemparameter

Octans
 Objekt : Multi Sounder
 Einbauort in dem Objekt (Hebelarm) : Octans
 Referenznummer des Bewegungssensors : 1
 Drehrichtungskonvention Stampf : Positiv Bug nach oben
 Drehrichtungskonvention Roll : Positiv Krängung nach Steuerbord
 Gemessene Winkelvariable : HPR (Roll zuerst)
 Meßeinheit der Winkelmessungen : Degrees
 Vorzeichenkonvention Hub : Positiv nach oben
 Meßeinheit des Hubes : Meters
 Qualitätsindikatortyp Stampf und Roll : No quality info recorded
 Qualitätsindikatortyp Hub : No quality info recorded
 Korrektur Stampfoffset : 0.650000
 Korrektur Rolloffset : -0.200000
 Korrektur Huboffset : 0.000000
 Beschreibung des Hub, Roll und Stampfsystems
 Octans

Offset System

Offset System

Kopplung

Typ : Offset System
Treiber : Unknown Driver (0)
Executable und Cmdlin :

Gyro Compass

Gyro Octans

Kopplung

Typ : Gyro Compass
Treiber : iXSea Octans MRU (\$HEHDT) (Heave Up 'U')
Executable und Cmdlin : DrvPhotoneticsOctans.exe U NOCS
Port : 4
Baudrate : 19200 Datenbits : 8
Parität : Odd Stopbits : 2
Aktualisierungsrate : 0.000 s Latenzzeit : 0.000 s

Angeschlossene Sensoren

Gyro Octans : Bearing (True)

Angeschlossene Knoten

Multi Sounde CoG : Multi Sounder

PPS System

PPS

Kopplung

Typ : PPS System
Treiber : NMEA ZDA PPS (COM1)
Executable und Cmdlin : DrvPpsZDA.exe 1
Port : 3
Baudrate : 9600 Datenbits : 8
Parität : None Stopbits : 1
Aktualisierungsrate : 0.000 s Latenzzeit : 0.000 s

Singlebeam Echosounder

DESO [210khz]

Kopplung

Typ	:	Singlebeam Echosounder			
Treiber	:	Deso 25 (With Annotation)			
Executable und Cmdlin	:	DrvAnnotate.exe DESO25			
Port	:	7			
Baudrate	:	9600	Datenbits	:	8
Parität	:	None	Stopbits	:	1
Aktualisierungsrate	:	0.000 s	Latenzzeit	:	0.000 s

Systemparameter

DESO		
Referenznummer des Echolotes	:	1
Objekt	:	Multi Sounder
Transducer	:	DESO
Abstand des Transducer in X	:	0.000 m
Abstand des Transducer in Y	:	3.340 m
Abstand des Transducer in Z	:	-0.580 m
Verwendete Schallgeschwindigkeit	:	1485.00 Meters/s
Kalibrierte Schallgeschwindigkeit	:	1485.00 Meters/s
Tiefgang Korrektur	:	Nicht angewendet
Gerät ist rollstabilisiert	:	Nein
Gerät ist stampfstabilisiert	:	Nein
Gerät ist hubkompensiert	:	Nein
Beamöffnungswinkel angewendet	:	Nein
Beamöffnungswinkel	:	10.0000 °
Bearbeitung	:	Keine spezielle Verarbeitung

Singlebeam Echosounder

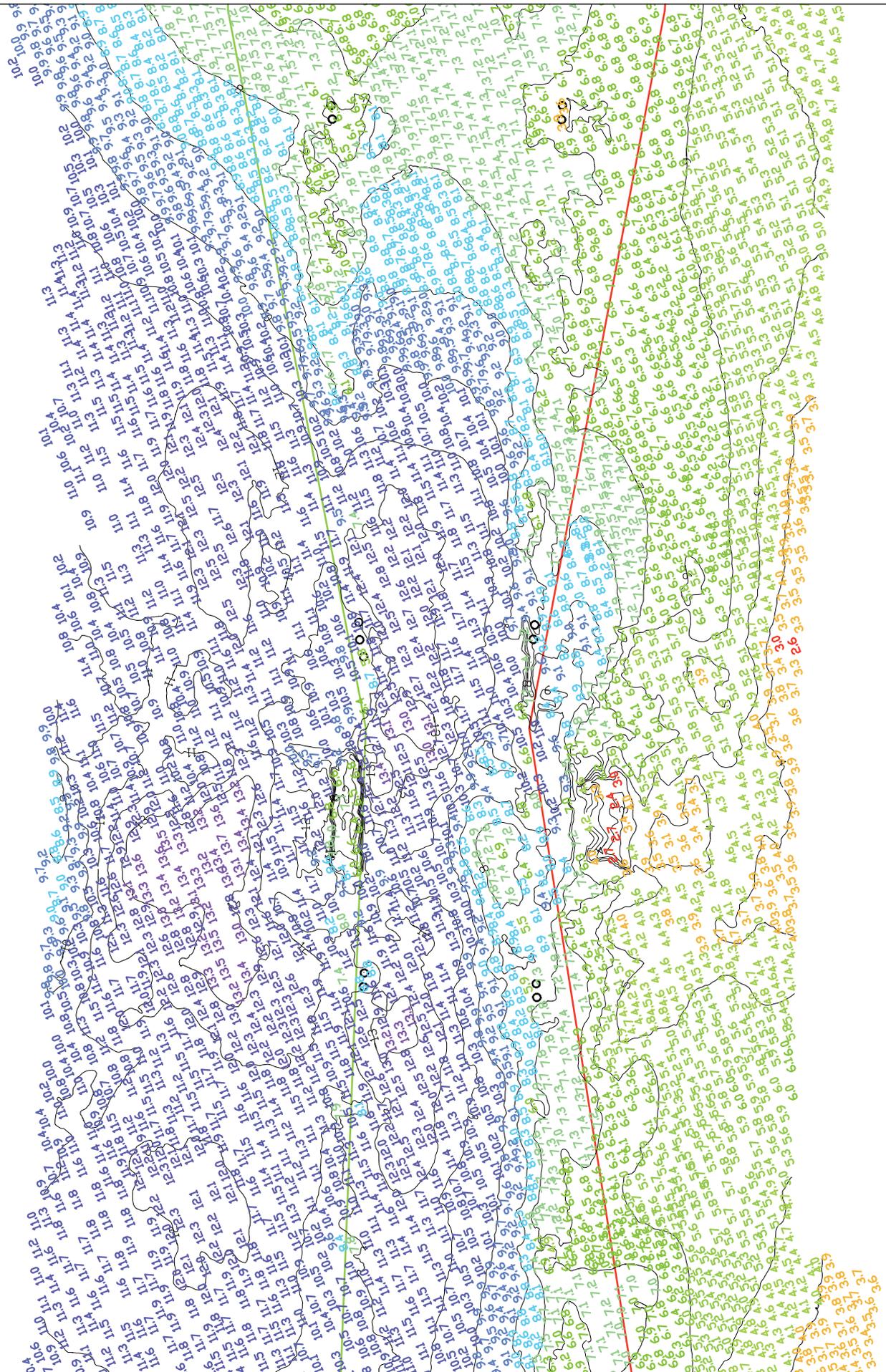
DESO [33khz]

Kopplung

Typ	:	Singlebeam Echosounder			
Treiber	:	Deso 25 (With Annotation)			
Executable und Cmdlin	:	DrvAnnotate.exe DESO25			
Port	:	7			
Baudrate	:	9600	Datenbits	:	8
Parität	:	None	Stopbits	:	1
Aktualisierungsrate	:	0.000 s	Latenzzeit	:	0.000 s

Systemparameter

DESO [33khz]		
Referenznummer des Echolotes	:	2
Objekt	:	Multi Sounder
Transducer	:	DESO
Abstand des Transducer in X	:	0.000 m
Abstand des Transducer in Y	:	3.340 m
Abstand des Transducer in Z	:	-0.580 m
Verwendete Schallgeschwindigkeit	:	1485.00 Meters/s
Kalibrierte Schallgeschwindigkeit	:	1485.00 Meters/s
Tiefgang Korrektur	:	Nicht angewendet
Gerät ist rollstabilisiert	:	Nein
Gerät ist stampfstabilisiert	:	Nein
Gerät ist hubkompensiert	:	Nein
Beamöffnungswinkel angewendet	:	Nein
Beamöffnungswinkel	:	10.0000 °
Bearbeitung	:	Keine spezielle Verarbeitung



MESSUNG

AUFTRAGGEBER

PROJEKT

AUFSTELLER

PLANINHALT

Siedescan Sonar Starr		
GK-Koordinaten		
	Hoch	Rechts
1-10	5992701.82	5420658.96
1-11	5992707.39	5420658.84
1-12	5992697.69	5420661.84
1-13	5992697.68	5420662.28
1-14	5992697.51	5420661.29
1-15	5992697.35	5420659.65
1-16	5992697.49	5420662.60
1-17	5992697.49	5420662.27
1-18	5992697.51	5420661.40
1-19	5992697.10	5420663.58
1-2	5992689.27	5420665.84
1-20	5992687.98	5420663.64
1-3	5992701.26	5420658.95
1-4	5992706.11	5420657.62
1-6	5992703.13	5420658.44
1-7	5992708.18	5420656.12
1-8	5992703.50	5420658.45
1-9	5992705.38	5420656.62
2-10	5992800.49	5420650.72
2-11	5992805.15	5420649.49
2-2	5992791.67	5420656.14
2-20	5992792.32	5420663.87
2-3	5992801.05	5420650.40
2-4	5992804.41	5420649.26
2-6	5992801.80	5420650.20
2-7	5992805.72	5420648.63
2-8	5992801.05	5420650.18
2-9	5992808.66	5420650.20
3-1	5992865.33	5420645.72
3-21	5992863.71	5420650.02
4-1	5992967.89	5420627.28
4-21	5992971.32	5420631.36
5-1	5992954.81	5420665.05
5-21	5992951.24	5420661.75
6-1	5992856.68	5420674.06
6-21	5992850.24	5420679.67
7-2	5992806.63	5420682.27
7-20	5992801.52	5420675.88
8-12	5992702.88	5420705.05
8-13	5992703.06	5420705.38
8-14	5992703.30	5420702.33
8-15	5992702.87	5420705.82
8-16	5992728.59	5420699.49
8-17	5992703.28	5420703.75
8-18	5992705.52	5420702.81
8-19	5992703.16	5420699.60
8-2	5992710.39	5420700.38
8-20	5992709.40	5420698.59

GK-Koordinaten		
	Hoch	Rechts
1-23	5992704.72	5420673.87
1-24	5992716.55	5420665.51
1-25	5992719.72	5420664.85
1-26	5992715.80	5420666.06
1-27	5992720.50	5420662.12
1-28	5992716.72	5420666.25
1-29	5992723.99	5420664.36
1-30	5992717.28	5420666.44
1-31	5992721.02	5420664.32
1-32	5992709.40	5420671.22
1-33	5992708.84	5420671.20
1-34	5992709.03	5420671.39
1-35	5992709.24	5420669.57
1-36	5992709.04	5420670.84
1-37	5992709.05	5420669.94
1-38	5992708.87	5420669.76
1-39	5992708.83	5420672.29
1-40	5992704.22	5420666.85
2-22	5992897.21	5420647.88
2-23	5992781.49	5420665.91
2-24	5992815.78	5420656.84
2-25	5992819.69	5420656.37
2-26	5992815.77	5420657.76
2-27	5992821.36	5420656.03
2-28	5992815.21	5420657.57
2-29	5992821.00	5420655.84
2-30	5992815.76	5420657.95
2-31	5992820.43	5420656.39
2-40	5992820.52	5420656.48
3-22	5992875.41	5420645.01
3-41	5992881.21	5420648.87
4-22	5992972.04	5420634.12
4-41	5992969.70	5420638.32
5-22	5992964.87	5420673.23
5-41	5992966.55	5420669.86
6-22	5992890.55	5420678.87
6-41	5992879.20	5420686.55
7-23	5992799.40	5420692.42
7-40	5992801.29	5420685.57
8-23	5992722.16	5420706.56
8-32	5992714.62	5420713.33
8-33	5992714.80	5420713.71
8-34	5992714.44	5420712.98
8-35	5992714.31	5420709.51
8-36	5992714.62	5420713.34
8-37	5992714.24	5420713.87
8-38	5992714.26	5420712.78
8-39	5992713.21	5420719.87
8-40	5992714.33	5420711.96

Dalben GPS gemssen		
GK-Koordinaten		
	Hoch	Rechts
1	5992711.63	5420662.09
2	5992712.21	5420663.10
3	5992712.90	5420662.15
4	5992809.92	5420653.79
5	5992810.72	5420654.63
6	5992811.24	5420653.60
7	5992873.61	5420644.40
8	5992874.26	5420645.47
9	5992874.92	5420644.56
10	5992970.94	5420625.41
11	5992971.33	5420626.55
12	5992972.12	5420625.58
13	5992978.00	5420668.17
14	5992977.21	5420667.25
15	5992976.70	5420668.14
16	5992879.43	5420676.07
17	5992878.12	5420675.95
18	5992878.27	5420676.85
19	5992814.95	5420685.71
20	5992815.96	5420685.04
21	5992816.25	5420686.01
22	5992718.52	5420704.73
23	5992717.99	5420703.73
24	5992717.18	5420704.26

Multibeam		
GK-Koordinaten		
	Hoch	Rechts
1	5992711.71	5420661.90
2	5992811.80	5420652.88
3	5992873.56	5420643.62
4	5992971.09	5420626.65
5	5992976.52	5420668.43
6	5992879.76	5420675.04
7	5992815.47	5420684.73
8	5992717.49	5420703.82