

Proseminar Technische Informatik
Underwater WiFi? Oceanic communication systems

Vandyshev Sergey 4386545

Gliederung/Inhaltsverzeichnis

0. Einleitung

1. Probleme bei Unterwasserkommunikation

2. Kommunikation über Elektromagnetische Wellen

- Extremely Low Frequency
- Very Low Frequency

3. Kommunikation über Wasserschall

- Akustische Unterwassertelefonie
 - 1. Wandler
 - 2. Hydrophon
- Spreizband Verfahren

4. Unterwasserkommunikation in der Zukunft

- Unterwasser- Sensornetzwerke
 - Allgemeines
 - Komponente
 - Anforderungen
 - Batterien
 - Weitere Probleme
 - Mobilität
 - Underwater Acoustic Sensor Networks (UW-ASNs)

5. Schlusswort

6. Quellen

0. Einleitung

Die Unterwasserkommunikation WiFi ist sehr weit reichend, weil gegenwärtig im Wasser bereits vieles stattfindet und in der Zukunft wird dies mutmaßlich zunehmen. Im Wasser schwimmen viele U-Boote, Tauchboote, Erforschungsroboter u.s.w. All diese stehen in Beziehung zur Wissenschaft, Wirtschaft oder dem Militär. In allen diesen Disziplinen spielt die Kommunikation mit die bedeutendste Rolle und nicht nur über, sondern auch unter dem Wasser.

In dieser Ausarbeitung werden die Probleme und Forschungsgegenstände bezüglich Unterwasserkommunikation anschaulich vorgestellt, so wie mehrere drahtlose Unterwasserkommunikationssysteme, welche einander gegenübergestellt werden.

Im ersten Kapitel wird vorgestellt, warum das Kommunizieren unter dem Wasser schwierig ist.

Im zweiten Kapitel wird die Kommunikation über elektromagnetische Wellen dargestellt.

Im dritten Kapitel wird die Kommunikation über Wasserschall vorgestellt und anschließend wird sich im vierten Kapitel mit dem Schwerpunkt dieser Ausarbeitung auseinander gesetzt, mit dem Thema der drahtlosen Unterwasser- Sensornetzwerke.

*Anmerkung: In der ganzen Ausarbeitung wird von der **drahtlosen** Unterwasserkommunikation gesprochen, deshalb verzichte ich auf das Wort "drahtlos" in dem Rest des Referats.*

Kapitel 1 – Probleme bei der Unterwasserkommunikation

Wenn man gefragt wird, wie die Kommunikation Unterwasser bewerkstelligt wird, dann denkt man vermutlich, dass das genau so wie über die Luft funktioniert. Jedoch ist es in der Wirklichkeit nicht so. Über die Luft wird mit elektromagnetischen Wellen kommuniziert, wobei die Leitfähigkeit der Luft ca. 1 S/m beträgt (s. beliebiges Tafelwerk), Meereswasser (Salzwasser) dagegen hat eine Leitfähigkeit von 4 S/m (s. Abbildung 1.1.). Obwohl der Wert vom Meereswasser wesentlich größer ist als der der Luft und man intuitiv annimmt, dass es mit dem Wasser einfacher gehen sollte, ist es wesentlich schwieriger elektromagnetischen Wellen unter Wasser zu senden als über die Luft.

Das Problem entsteht, weil es sich hier um Wechselstrom handelt und die Durchdringungskraft der Wellen mit wachsender Frequenz kleiner werden. Dies geschieht dadurch, dass die Halbwellen durch ihre ständige Umpolungen größere Induktion herbeiführen und das führt zu großem Energieverlust. Daraus folgt, dass das Wellensignal sehr schwach wird und in großer Tiefe nicht mehr erkannt werden kann, bzw. es kommt dort gar nicht erst an.

Die Stärke des Signals nimmt mit der Länge des Weges exponentiell ab.

In der Abbildung 1.2. kann man sehen, wie tief man in Wasser mit welcher Frequenz eindringen kann. Man erkennt, dass es am besten mit möglichst kleinen Frequenzen funktioniert. Hier entsteht ein sehr schweres Problem, denn die Bandbreite die zur Verfügung steht, ist sehr gering und somit kann man die Information nur sehr langsam übermitteln.

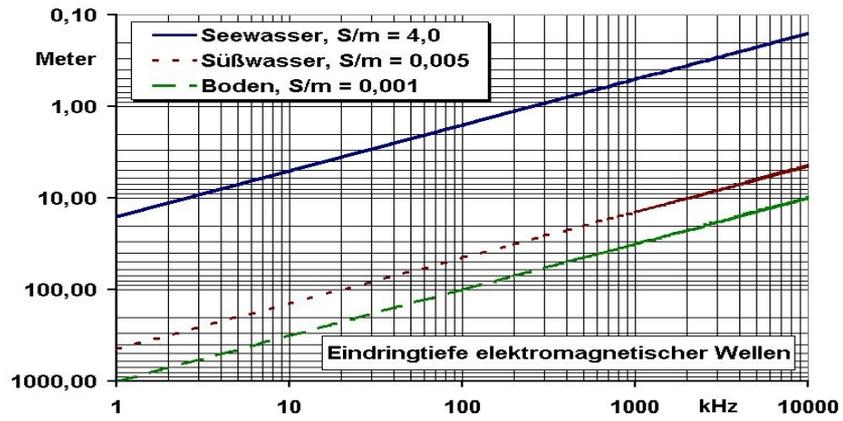
Abbildung 1.1.

Bodenart	Leitfähigkeit [S/m]	Dielektrizitätskonstante [F/m]
Seewasser	4	80
Frischwasser (20°C)	0,003	80
Feuchter Boden	0,01	30
Mittlerer Boden	0,001	15
Trockener Boden	0,0001	4
Sehr trockener Boden	0,00003	4

S = Siemens = A/V

Quelle = "<http://www.vfo-magazin.de/2005/06/eindringtiefe-elektromagnetischer-wellen-in-wasser/>"

Abbildung 1.2.



Quelle = "<http://www.vfo-magazin.de/2005/06/eindringtiefe-elektromagnetischer-wellen-in-wasser/>"

Da man aber auf die Kommunikation unter Wasser angewiesen ist, haben sich die Menschen verschiedene Techniken ausgedacht. Diese werden auf den nächsten Seiten vorgestellt.

Kapitel 2 - Kommunikation über Elektromagnetische Wellen

2.1 Super Low Frequency

Definition: Mit SLF bezeichnet man die Frequenzen 30Hz - 300Hz.

Diese Frequenzen wurden früher verwendet um mit U-Booten zu kommunizieren, weil diese in der Lage sind relativ tief in das Wasser einzudringen (bis zu 300m). Dies ist möglich, weil die Abschirmwirkung elektrisch leitfähiger Stoffe für niederfrequente Felder gering ist.

Die Datenübertragungsrate über SLF ist aber sehr gering (wie im Kapitel 1 bereits erklärt).

In den 1970er Jahren soll diese beim *Seafarer*-Sender(Frequenz = 76Hz) der US-Navy bei ca. 10 Bit pro Minute gelegen haben. Durch diese Umstände ist es nicht möglich lange Nachrichten an den Empfänger zu senden.

Die UdSSR verfügte über einen SLF-Sender namens "ZEVS"(rus. *ЗЕВС*), dieser benutzte die Frequenz von 82 Hz.

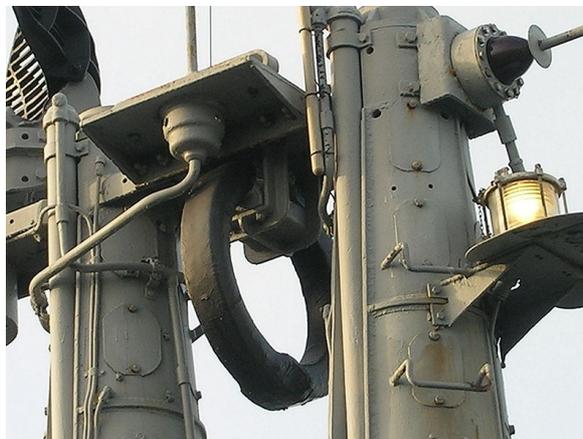
2.2 Very Low Frequency

Definition: VLF sind Frequenzen im Bereich 3kHz - 30kHz.

Mit solch einer Frequenzen konnte man bis zu 20 m tief in das Wasser senden.

Der erste Sender der Längstwellen verwendete, wurde in Deutschland 1943 gebaut, sein Name ist Goliath. Er ist ein Längstwellensender, der bis 1945 von der Kriegsmarine betrieben wurde (später wurde er in die UdSSR transportiert und arbeitet dort heute noch.).

Abbildung 2.1



VLF-Empfangsantenne (Ring in Bildmitte) auf einem U-Boot

Quelle = <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Uboatvlfantenna.jpg&filetimestamp=20080517122152>

2.3 Weitere einfache Möglichkeiten für die Kommunikation:

- Das Tauchboot speichert eine Nachricht auf einer Boje und lässt diese auftauchen. Von dieser Boje wird dann nach einer vorher festgelegten Zeit gesendet. Dieses Verfahren wird verwendet, falls das Tauchboot einen technischen Schaden hat und von alleine nicht mehr auftauchen kann, d.h. es ist auf die Hilfe eines Schleppbootes angewiesen. Außerdem kann die Boje verwendet werden, um nicht geortet zu werden (während die Boje auftaucht schwimmt das Boot möglichst schnell weg).
- Das Tauchboot taucht nicht vollständig auf, d.h. es bleibt mehrere Meter unter Wasser und fährt dann eine lange Antenne aus um zu senden.
- Die triviale Lösung sieht so aus: das Boot taucht auf und sendet/empfängt wie ein ganz normales Schiff.

Kapitel 3 - Kommunikation über Wasserschall oder Hydroakustik

3.1 Akustische Unterwassertelefonie

Allgemeines:

Akustische Unterwassertelefonie wird meistens zur Kommunikation zwischen U-Booten verwendet (Frequenzbereich zwischen ca. 10 Hz und 400 kHz). Dieses Verfahren ist stark in seinen Möglichkeiten eingeschränkt und in der Qualität ist sehr stark von der Tiefe und Wassertemperatur abhängig. Diese ist jedoch alternativlos, da man im Wasser mit elektromagnetischen Wellen nicht weit kommt.

Das System funktioniert auf folgende Art und Weise: Von einem Boot wird der Wasserschall mit Hilfe eines Wandlers (Transducer) erzeugt und ausgesendet. Auf dem anderen U-Boot empfängt ein Hydrophon den Wasserschall und wandelt ihn um.

Wandler:

Ein Wandler ist ein Gerät, welches akustische Signale in elektrische Spannung umwandelt.

Hydrophon:

Ein Hydrophon (auch Unterwassermikrophon) ist ein Gerät, das Wasserschall entsprechend dem Schalldruck in elektrische Spannung umwandeln kann.

Abbildung 3.1



Ein Hydrophon

3.2 Spreizband Verfahren

Obwohl die Kommunikation hier auf beliebiger Tiefe stattfinden kann, gibt es dennoch Probleme. Zum Beispiel existieren im Meer viele Schallquellen, die durch eigene Signale die Kommunikation der anderen Objekte stören können. Die Lösung für dieses Problem kommt aus der Bionik, genauer gesagt aus der Sensorbionik. Diese hat herausgefunden, wie sich Delfine und Wale untereinander verständigen. Die Meeressäuger blenden die Störsignale einfach aus und wechseln ständig die Frequenz, auf der sie kommunizieren.

Abbildung 3.2



Ein Delphin

Quelle = http://www.suite101.de/view_image_articles.cfm/421583

Die Menschen sprechen oft von einem "Partyeffekt". Angenommen man ist in einem Raum, wo es sehr laut ist und man möchte einer bestimmten Person zuhören. Dies wird erreicht, indem man sich auf die Stimme der Person konzentriert. Dafür darf diese nicht monoton sein und man sollte die Stimme kennen, um sie herauszufiltern und alles andere zu abstrahieren.

Analog funktioniert bei den Menschen das Spreizbandverfahren. Jedoch wie oben schon erwähnt, muss der Empfänger genau die Frequenzabfolge kennen um die Signale zu verstehen

Ein weiteres Problem bei der Wassertelefonie ist der Fakt, dass andere U-Boote in der Nähe die ausgesendeten Schallwellen empfangen können.

An dieser Stelle beende ich die Präsentation der traditionellen Verfahren und widme mich dem Schwerpunkt dieser Ausarbeitung, dem Thema der "drahtlosen Unterwasser- Sensornetzwerke".

Kapitel 4 - Unterwasser- Sensornetzwerke

Allgemeines:

Ein drahtloses Sensornetzwerk besteht aus Sensoren (Knoten). Die Kommunikation erfolgt drahtlos auf der Wasseroberfläche mit elektromagnetischen Wellen sowie Unterwasser mit Hydroakustik. Die Sensoren werden in der Nähe der Stellen platziert, die beobachtet werden sollen.

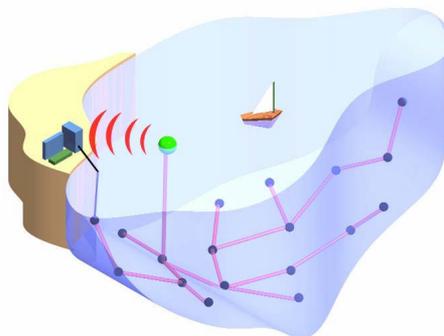
Abbildung 4.1



Ein Sensor

Quelle = Großflächige drahtlose Sensornetzwerke zur Überwachung der Meeresumwelt Frank Reichenbach, Prof. Dirk Timmermann

Abbildung 4.2



Ein Sensornetzwerk

Quelle = Großflächige drahtlose Sensornetzwerke zur Überwachung der Meeresumwelt Frank Reichenbach, Prof. Dirk Timmermann

Wichtige Komponente eines Sensors:

Sensor(z.B. Thermometer), Prozessor, Speicher, Antenne, Batterie, Energieerzeugung, (Motor)

Anforderungen:

Selbstkonfigurierend, Vorverarbeitung von Messdaten, Kommunikation mit anderen Sensoren, (Mobilität)
usw.

Probleme mit der Energie:

Abbildung 4.3

- Neben der Größe ist ein geringer **Energieverbrauch** die bedeutendste Herausforderung bei der Entwicklung von drahtlosen Sensornetzwerken

Batterie-/Akkutyp	Energiedichte [J/cm ³]	Aktivität	Energie [mJ]
Nichtwiederaufladbare Lithium-Ionen	2880	Temperaturmessung (1 Messung)	0,001
Wiederaufladbare Lithium-Ionen	1080	Kommunikation (Bluetooth) (64 Bit werden gesendet)	0,032
Nickel-Metall-Hydrid	864	Rechenoperation (1000 Operationen)	0,0018
Nickeisen	1190		
Brennstoffzelle (Methanol)	8900		

- Der Energievorrat einer 0,05 g Lilon-Polymer-Batterie beträgt 27 J
- Bei einer Periode von 1 s für alle 3 Aktivitäten
- ~ 9 Tage Laufzeit!

Batterien

Quelle = Großflächige drahtlose Sensornetzwerke zur Überwachung der Meeresumwelt Frank Reichenbach, Prof. Dirk Timmermann

Wenn man sich die Abbildung 4.3 anschaut, stellt man sich die Frage "Was macht man nach 9 Tagen?" Eine gute Lösung für dieses Problem ist es, an die Sensoren Solarzellen zu befestigen, damit diese auftauchen und sich mit Energie versorgen können.

Weitere Probleme:

Die Daten sind vor Ort erst nach dem Upload verfügbar, außerdem können dadurch Fehler in der Konfiguration nur sehr spät entdeckt werden. Ein weiteres Problem ist die Tatsache, dass mit der Sensorik keine umfangreichen Daten aufgenommen werden können. Dazu kommt noch die Frage, wie man nicht mehr funktionierende Sensoren repariert oder ersetzt.

Mobilität des Netzwerkes:

Die Mobilität wird spätestens dann sehr wichtig, wenn man überall auf der Welt die Möglichkeit der Kommunikation haben will. Hier ist das Problem, dass man nicht einfach die ganzen Weltmeere übersäen kann, da solche Projekte extrem hohe Kosten verursachen würde. Wenn sich aber die Sensoren mit einem U-Boot bewegen können, dann ist es möglich, das U-Boot überall zu erreichen, und dabei die genaue Position des Bootes nicht aufzudecken.

Einige Projekte die sich mit dem Thema beschäftigen:

- real-time monitoring of drinking water reservoirs
- Marine Monitoring
- Underwater Acoustic Sensor Networks (UW-ASNs)
- Global Ocean Data Assimilation Experiment
- Das LOOKING-Projekt

Besonders interessant finde ich das Projekt UW-ASNs, deshalb werde ich es etwas näher erläutern.

Underwater Acoustic Sensor Networks (UW-ASNs):

Die Ziele des Projektes:

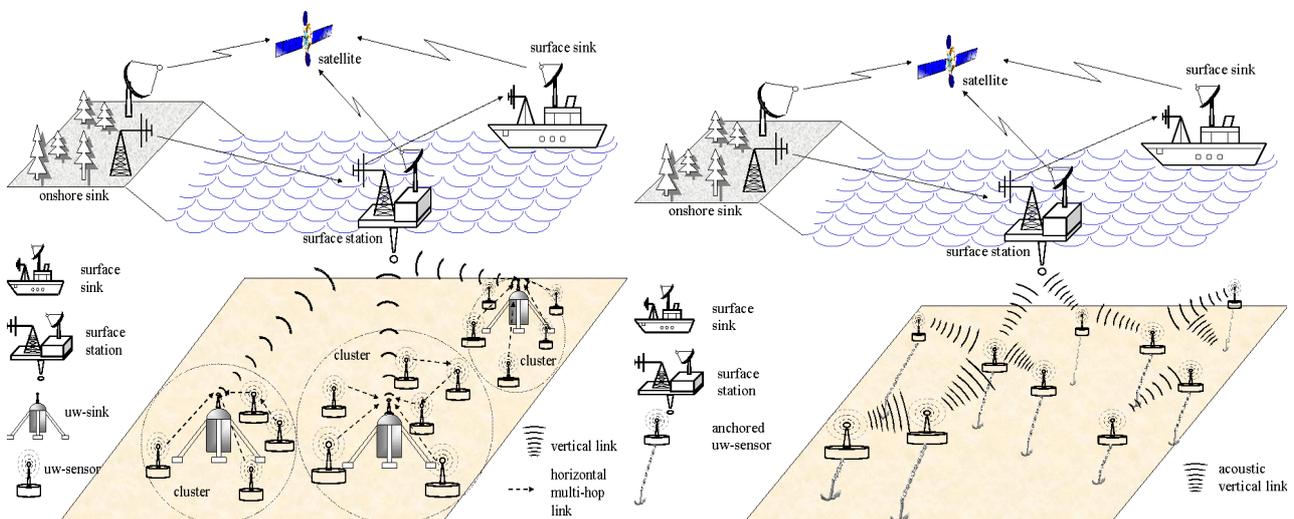
Mit dem erfolgreichen Abschluss dieses Projektes wäre man in der Lage das Geschehen im Wasser zu überwachen. Mit der Hilfe des Netzwerks könnte man Luft und Wasserverschmutzungen entdecken, das Wetter präziser vorhersagen (z.B. Tsunamiwarnungen), den Klimawandel beobachten und Vorhersagen darüber treffen, wie das menschliche Handeln sich auf das Öko-System auswirkt.

Außerdem würde man die Schiffe besser navigieren, da man gefährliche Hindernisse besser aufspüren könnte. Dazu kommen noch neue Möglichkeiten zur Entdeckung von Eindringlingen und Wassermienen.

Es gibt zwei- und drei-dimensionale Netzwerke.

Abbildung 4.4

Links ist ein zwei-dimensionales Netzwerk und rechts ein drei-dimensionales Netzwerk dargestellt.



Quelle = " <http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/UWASN/work.html> "

Die zwei-dimensionalen Netzwerke werden verwendet, um den Meeresboden zu beobachten.

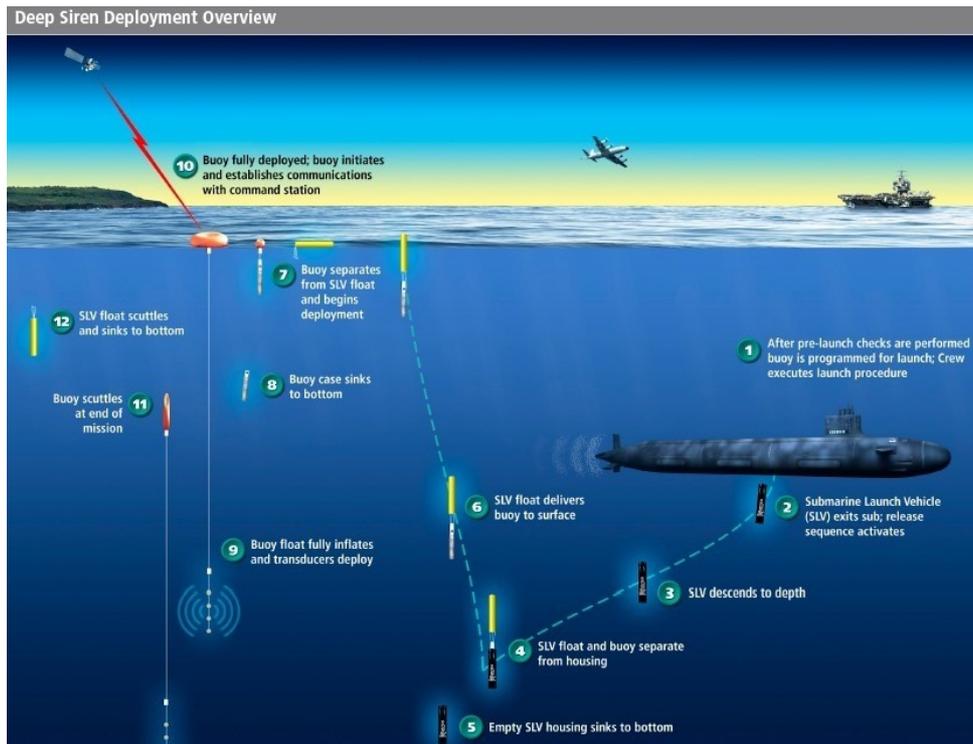
Die drei-dimensionalen um Informationen der Umwelt in 3D aufzunehmen, welches erreicht wird, indem man die Sensoren auf verschiedenen Tiefen platziert.

Bei den zwei-dimensionalen Netzwerken erfolgt die Kommunikation zwischen Sensoren und der Station über einen oder mehrere uw-sinks. Ein uw-sink ist in der Lage Wasserschall vertikal (Kommunikation mit der surf-station) und horizontal (Kommunikation mit den Sensoren) zu senden.

Natürlich hat dieses Projekt auch wie jedes Andere solcher Art mit den bereits oben beschriebenen Problemen zu kämpfen und genau das ist der Grund, warum die Ziele bis jetzt nicht vollständig umgesetzt werden können.

Einige Bilder zur Unterwasser- Sensornetzwerken

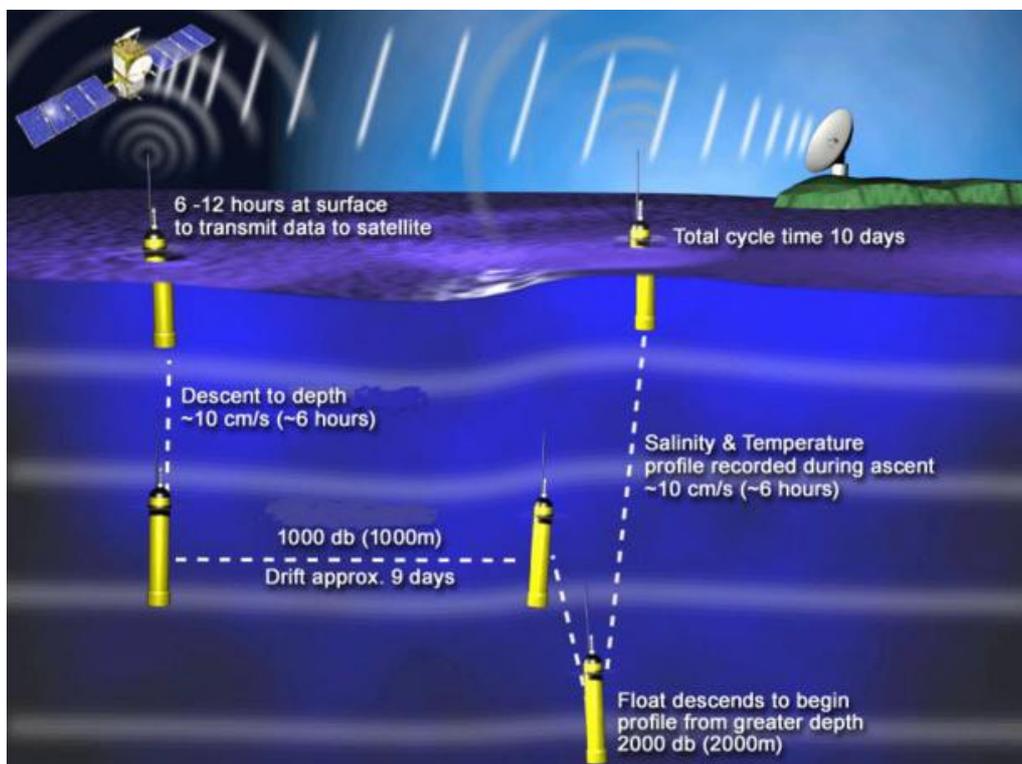
Abbildung 4.5



Beispiel 2

Quelle = http://www.marinebuzz.com/marinebuzzuploads/RaytheonSubmarineCommunication_1215E/Deep_Siren_Tactical_Paging_System.jpg

Abbildung 4.6



Beispiel 3

Quelle = Großflächige drahtlose Sensornetzwerke zur Überwachung der Meeresumwelt Frank Reichenbach, Prof. Dirk Timmermann

5. Schlusswort

In dieser Ausarbeitung hat man gesehen, wie die drahtlose Unterwasserkommunikation bis heute realisiert wurde und wie sie in der Zukunft realisiert wird.

Ich selbst habe beachtlich viel neues dazu gelernt, während ich mich mit dem Thema auseinandergesetzt habe.

Als Resultat steht fest: Wasserschall ist zum Nachrichtentransport im Wasser sehr wichtig und kann bis heute nicht ersetzt werden. Die Kommunikation mit ELF und VLF hat ihre große Bedeutung für Kommunikation mit den Unterseebooten, aus früheren Zeiten fast verloren und wird in der Zukunft höchstwahrscheinlich verschwinden. Ferner wurde die Bedeutsamkeit der Sensorbionik in diesem Gebiet angesprochen. Dazu wurde am Beispiel des Projekts "Underwater Acoustic Sensor Networks" die Möglichkeiten, so wie die neu entstehenden Probleme, vorgestellt. Meines Erachtens nach, sind die wichtigsten Probleme der neuen Technologie die Mobilität und die Energieversorgung. Besonders ohne Letzteres kann man die neuen Ideen nicht so gut bis gar nicht umsetzen.

6. Quellen

Internet:

<http://www.vfo-magazin.de/2005/06/eindringtiefe-elektromagnetischer-wellen-in-wasser/>

<http://www.vlf.it/frequency/bands.html>

<http://dxdt.ru/2008/06/30/1530/>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Uboot#Kommunikation>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserschall>

<http://www.suite101.de/content/tsunamiwarnsystem-a42650>

http://de.wikipedia.org/wiki/Extremely_Low_Frequency

<http://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4ngstwellen>

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=navy-satellite-deep-siren>

http://de.wikipedia.org/wiki/Hydrophon#Hydrophone_f.C3.BCr_den_Einsatz_im_Meer

http://de.wikipedia.org/wiki/Akustische_Unterwassertelefonie

<http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/UWASN/work.html>

Literatur/pdf s:

- Overview of Networking Protocols for Underwater Wireless Communications

Dario Pompili, Rutgers, The State University of New Jersey;

Ian F. Akyildiz, Georgia Institute of Technology

- Ansätze zur Reduzierung der Schallemission bei der akustischen Unterwasserkommunikation

Peter A. Höher Technische Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

- Signal Processing for Underwater Acoustic Communications

Andrew C. Singer, University of Illinois at Urbana-Champaign; Jill K. Nelson, George Mason University;

Suleyman S. Kozat, Koc University

- *Der Längstwellensender Goliath bei Calbe an der Milde von 1941 bis 1945*

Klaus Herold

- *Großflächige drahtlose Sensornetzwerke zur Überwachung der Meeresumwelt*

Frank Reichenbach, Prof. Dirk Timmermann