

EMCON-Ansatz für die mobile Unterwasserkommunikation

Ivor Nissen

Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik (FWG) der WTD 71, Kiel, IvorNissen@BWB.org, ini@tf.uni-kiel.de

Emmissionskontrolle (EMCON) unter Wasser ist bei der steigenden hydroakustischen Nutzung des Meeres ein sinnvoller Beitrag - auch für die Unterwasserkommunikation. Ist man in der Vergangenheit von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen getauchten Teilnehmern ausgegangen, so stehen heute Netzwerke im Fokus, bei denen jede Form der Energieeintragung der nichtkooperativen Nachbarcluster zu einer Erhöhung des eigenen Hintergrundumgebungsgeräusches führt. Praktizierter Ausweg ist, daß man selber lauter werden muß und damit wiederum den Energieeintrag iterativ erhöht. Ein sozialer Ansatz der Rücksicht würde neben der Schonung von Meeressäugern auch egoistisch die eigenen Ressourcen berücksichtigen und zu einer längeren Batterielaufzeit der Kommunikationsknoten führen. Dieser Beitrag soll eine erste Beleuchtung erlauben und die Diskussion ebnen.

Der Lombard-Effekt

Unterwasseranwendungen wie Detektion, Navigation und Kommunikation setzen aktive Abstrahlungen ins Wasser voraus. Mit Offshore-Windfarmen von über 5000 OWEA in der deutschen AWZ, die auch bei schlechtem Wetter gewartet werden wollen, zunehmenden Einsatz von Tauchern und Tauchrobotern, autarken Monitorstationen, die ihre Sensordaten mitteilen möchten, steigt die Anzahl an getauchten akustischen Kommunikationsteilnehmer im gleichen Zeit- und Raumfenster. Analog zu unseren Erfahrungen im Kindergarten, im Schulclassenzimmer, im Restaurant oder Call-Center schraubt sich der Hintergrundgeräuschpegel mit der Zeit in die Höhe, wenn verschiedene kommunizierende inkooperative Parteien sich mit ihrer Stimme über die lauter werdende Umgebung hinwegsetzen wollen und um ein für das Verständnis notwendiges Signal-zu-Rauschverhältnis (SNR) zu generieren. Diesen psychoakustischen Effekt benennt man nach dem französischen Wissenschaftler Étienne Lombard (1868-1920) und verbindet damit die Pegel-Erhöhung des Senders und meist auch seine Tonlagenerhöhung. Diese soziale Rückkopplungsschleife gilt es zu unterbinden.

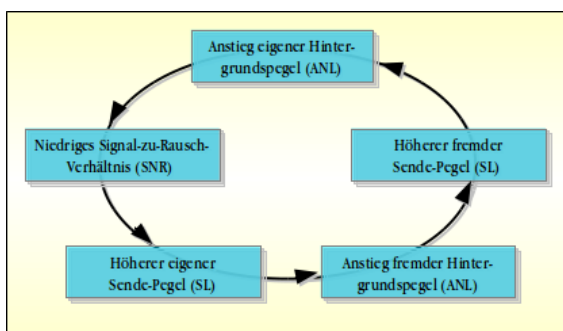


Abbildung 1: Lombard-Effekt (angelehnt an M. Oberdörster und G. Tiesler, 2006, S. 13, [2])

Anwendungen

In unterschiedlichen Szenarien horizontaler und vertikaler mobiler Anwendungen liegen Kommunikationsdistanzen vor, die bei jedem SONAR-Wetter überbrückt werden müssen. Die am Empfänger ankommende Energie lässt sich mittels der SONAR-Gleichung als Signalüberschuß $SE = SL + DI - (TL + ANL + DT)$ [1] beschreiben, wobei nicht nur eine Erhöhung des Sendepiegels (SL) oder der Hörempfindlichkeit (DI) sondern ebenfalls auch die Minimierung des Ausbreitungsverlustes (TL), Umgebungsgeräusches (ANL) oder der Detektionsschwelle (DT) sinnvolle Lösungsansätze sind.

EMCON-Lösungsansätze

Gibt es zur Steigerung der Sprachverständlichkeit für die Raumakustik in Gebäuden die Möglichkeit der Nachhallminimierung durch Dämmungen und schallschluckende bauliche Veränderungen, so kann unter Wasser mit seinen ausgeprägten Nachhallzeiten durch den Menschen keine Abhilfe geschaffen werden.

Neben der Vermeidung von akustischer Unterwasserkommunikation ($SL = 0$) beispielsweise durch kabelgebundene Systeme, Nutzung von Lasern und Funk bei Kommunikationsdistanzen unter hundert Metern und dem mechanischen Transport an die Wasseroberfläche bleiben daher nur organisatorische Präventivmaßnahmen unter Ausnutzung der frequenzabhängigen Absorption zur:

SL: *Minderung der Schallemissionen, bei Aufrechterhaltung der Verständlichkeit*

- durch Verringerung der Expositionsdauer / Erhöhung der Pausenlängen
- durch Verringerung der Schallenergie (mit geringerem SNR leben können)

durch Minimierung des Datenvolumens (nur Senden notwendigster komprimierter Nachrichten) und Erhöhung der Kodierungsrate mittels optimal angepasster physical-layer-Algorithmen.

Durch Spreizung der Anwenderdaten im Zeit- und Frequenzband können modulierte Signale auch unter der Rauschgrenze fehlerfrei empfangen werden. Im europäischen Forschungsprojekt UCAC [5] wurde gezeigt, daß selbst im Bereich von -10dB Nachrichten ohne Bitfehler empfangen werden konnten. Der Wermutstropfen ist jedoch, daß durch die nichtlineare Ausbreitung in der Wassersäule trotz negativen SNR am Empfänger bei anderen Kommunikationsteilnehmern größerer Distanz positives SNR nicht ausgeschlossen werden kann.

Nach DIN 1320 ist für ein Zeitsignal $p : T \rightarrow \mathbb{R}$ der

äquivalente Dauerschallpegel (equivalent continuous sound pressure level) definiert für $T = \hat{T}$:

$$L_{peq,T,\hat{T}} := 10 \log_{10} \left(\frac{\int_0^T p^2(t) dt}{\hat{T} p_{ref}^2} \right) [dB re \mu Pa]$$

Es wird somit über die Messzeit T gemittelt. Nicht in der DIN zu finden ist der für Kurzzeitsignale manchmal genutzte Sound Exposure Level, angegeben in $[dB re \mu Pa^2 s]$, der $\hat{T} = 1$ setzt. Die Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlamentes vom 17. Juni 2008 (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, MSRL) [6] unter dem qualitativen Deskriptor 11 zur Beschreibung eines „guten“ Umweltzustandes „Die Einleitung von Energie einschließlich Unterwasserlärm, bewegt sich in einem Rahmen, der sich nicht nachteilig auf die Meeresumwelt auswirkt.“ nutzt beide Pegelformen. Diskutiert wird der Wortlaut: „Proportion of days within a calendar year, ..., in which anthropogenic sound sources exceed either of two levels, [159-183] dB re 1 $\mu Pa^2 s$ (i.e. measured as Sound Exposure Level, SEL) or [180-224] dB re 1 μPa (i.g., measured as peak sound pressure level) ...“.

Kurzzeitimpulse werden dabei privilegiert, tragen zu einer Verringerung des Lombard-Effektes bei, setzen jedoch ebenfalls kleinste Nachrichtenvolumen voraus.

ANL: *Zeitlichen Organisation von Transmissionen*: Vermeidung von Störschall durch eine definierte Sequenzierung der Schallquellen z. B. durch einfache Gesprächsregeln (Verhaltenskodex),

- wie „wenn einer redet, falle ihm nicht ins Wort“, mittels carrier sensing. Hierbei wird in den Schallkanal hineingehört und bei unbelegtem Frequenzband die eigene Nachricht gesendet.
- Einführung eines allgemein verständlichen Ruhezeichens mittels beispielsweise JANUS [4].

JANUS ist die Unterwasser-Erstkontakt-Sprache der NATO, die jedoch für eine zivile Nutzung als Erste-Hilfe-Konzeptprotokoll konzipiert und mit dem notwendigen Sourcecode freigegeben ist. Ein auf Frequency Hopping basierendes Ruhezeichen (StationID 4.7) kann jedoch nicht nur beim Anwachsen des Hintergrundrauschens verwendet und damit eine Ruhe der sich daran haltende Knoten erwirken, es kann auch mißbraucht werden, egoistisch vor alle Transmission als Präambel gesetzt zu werden, um damit das SNR seiner eigenen Nachricht zu verbessern.

DI: *Räumlichen Organisation von Transmittern und zusammengesetzter Empfängerstrukturen*: Anordnung von Kommunikationsknoten im Raum unter Berücksichtigung der spezifischen akustischen Bedingungen (MISO, MIMO).

TL: *Wahl eines für die Anwendung angepaßten Frequenzbandes mit maximal höchstmöglicher*

Trägerfrequenz. Die natürliche Absorption im Wasser verringert die Pegel und wirkt Lombard im Umkreis der Aussendung entgegen. Wandler niedriger Frequenzen erfordern große Baugrößen.

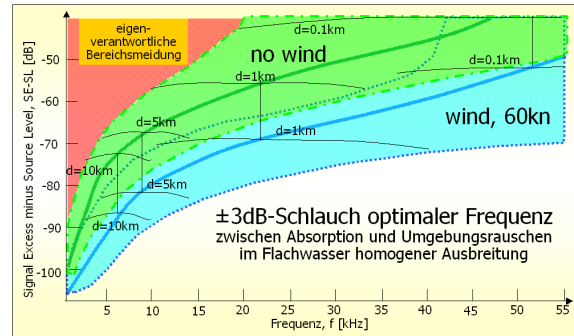


Abbildung 2: Optimale Frequenzen bei homogenen Ausbreitungsbedingungen im Flachwasser; Windeinfluß verlangt eine Tonlagenerhöhung - eine Frequenzerhöhung.

Administrative Vorgaben, wie die

- Einführung fester verbindlicher Ruhezeiten für alle, um den Hintergrundpegel zu senken, oder
- fest vorgegebene(r) Allokation / Handel von Zeitkontingenten für Anwendungen,

können zwar auch den Lombard-Effekt unterbinden, stellen aber durch die verwaltende Koordinationsstelle keinen praktikablen Weg dar.

Zusammenfassung

Aus heutiger Sicht scheint eine Administration durch den Amtsbereich überflüssig, da dem eigenverantwortlichen Anwender genügend Freiräume - wie hier angerissen - zur Unterdrückung des Lombard-Effektes durch adaptive und selbstorganisierende kognitive Strategien vorliegen. Es bedarf jedoch einer sozialen Kompetenz der Anwender akustischer Unterwasserkommunikation.

Literatur

- [1] Peter Wille, Sound images of the ocean in research and monitoring, A.3.7, Seite 448, Springer Verlag 2005, ISBN 978-3-540-24122-5
- [2] M. Oberdörster und G. Tiesler, Akustische Ergonomie der Schule 193 S., 221 Abb., 9 Tab., NW-Verlag, Bremerhaven, 2006, ISBN 3-86509-513-5
- [3] M. Klatte, A. Schick, A. Lärminderung in Schulen. Teil 1: Hören, Lärm und Lernen. In: Umwelt und Geologie. Lärmschutz in Hessen. Bd. 4, S. 9-30. Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. 2007. <http://www.sowi.uni-kl.de/wcms/fileadmin/frueh/publications/>
- [4] K. McCoy, JANUS: from primitive signal to orthodox networks, in Proc. of IACM UAM, Nafplion, Greece, Jun. 2009, <http://www.januswiki.com/>
- [5] Paul van Walree, Erland Sangfelt, Geert Leus, Multicarrier Spread Spectrum for Covert Acoustic Communications, Oceans, 2008. Table I - Table III
- [6] Elements for the Commission decision on criteria on good environmental status under Article 9(3) MSFD, Distribution in time and place of loud, low and mid frequency impulsive sounds (Brüssel, 18.03.2010)